
كَيْفَ تعْمَلُ
الطَّائِرَة
ARAB COMICS
عرب كوميكس
www.arabcomics.net

إذا رَمَيْتَ كُرَةً في ٱلْهواءِ ، فإنَّها تعلو قليلًا أَوْ كثيرًا ثُمَّ تَسقُطُ فَوْرًا إلى أَسْفَلَ . لِماذا إِذَنْ لا تَسْقُطُ ٱلطائرةُ إلى ٱلأَرْضِ ؟ بَلْ كَيْفَ تَسْتَطيعُ مَرْكَبةٌ ثَقيلةٌ كٱلطَّائِرةِ أَنْ تَرتفِعَ في ٱلجوّ ؟ ما هُوَ ٱلفَرْقُ بَيْنَ ٱلمُحَرِّكِ ذِي ٱلمِكْبَسِ وبَيْنَ ٱلمحرّكِ النَّفَّاثِ ؟ كَيْفَ تَحُومُ ٱلهليكوبتر ؟ لِماذا هُنالِكَ ٱرتِفاعٌ أَقْصَى للطائرةِ لا تستطيعُ تَخَطِّيَهُ ؟ وما هو ٱلدَّوِيُّ ٱلذي يُرافِقُ ٱخْتِراقَ ٱلطائرةِ لِما يُسمَّى بٱلحاجِزِ ٱلصَّوْتِيِّ ؟

إنَّ ٱلأَجْوِبةَ عَن هذه ٱلأَسْئِلةِ ، وعن كثيرٍ غَيْرِها ، تَجِدُها في هذا ٱلكُتَيِّبِ ذِي ٱلشَرحِ ٱلسَّهلِ وٱلصُّوَرِ ٱلمُتقَنَةِ من سِلْسلةِ ليديبرد ، حَوْلَ كَيْفِيَّةِ عَمَلِ ٱلطائرةِ .



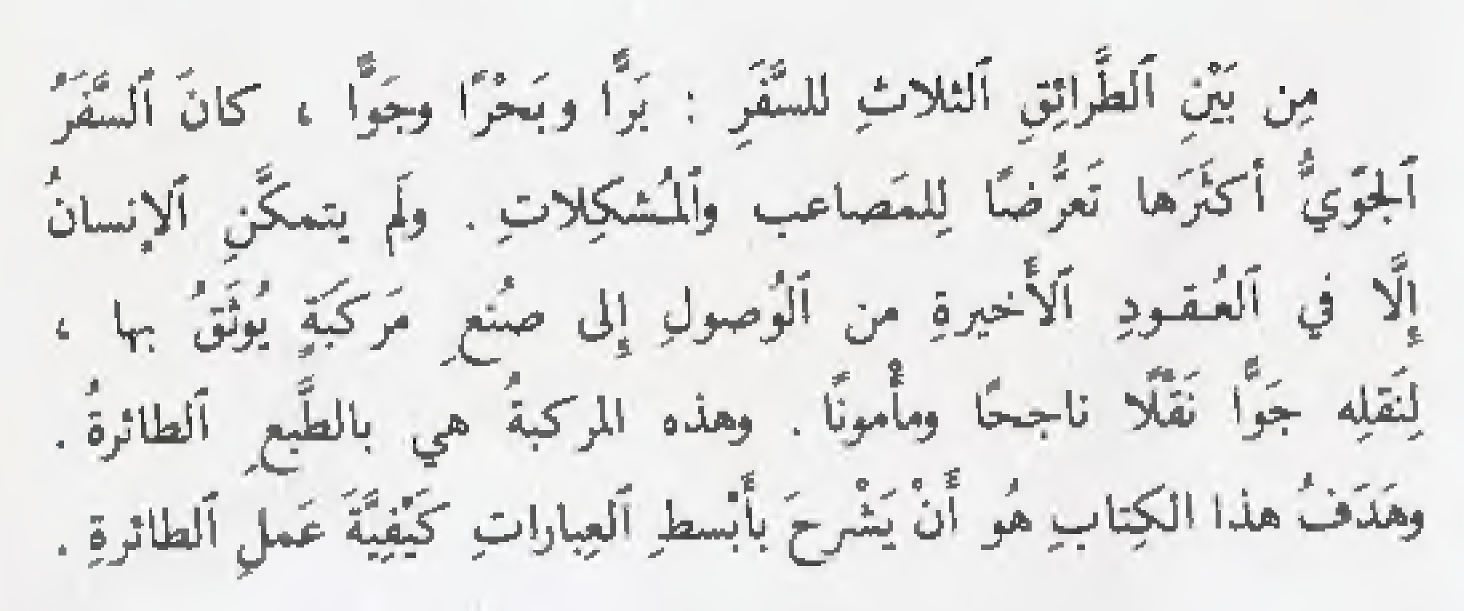


كَيْفَ تعْمَلُ الطَّائِرَة

تـأليف : داود كاري
نقله الى العربيّة : وَجيه السمّان
وَضع الرسوم : ج . روبنسون

مكتبة لبنان

طبع في انكلترا
١٩٨١



مُقدِّمَــةٌ

مِن بَيْنِ ٱلطَّرائِقِ ٱلثلاثِ للسَّفَرِ : بَرًّا وبَحْرًا وجَوًّا ، كانَ ٱلسَّفَرُ ٱلجَوِّيُّ أكثَرَها تعرُّضًا لِلمَصاعبِ وٱلمُشكِلاتِ . ولَم يتمكَّنِ ٱلإنسانُ إلَّا في ٱلعُقودِ ٱلأخيرةِ من ٱلوُصولِ إلى صُنعِ مَركبَةٍ يُوثَقُ بها ، لِنَقلِه جَوًّا نَقْلًا ناجحًا ومأمونًا . وهذه المركبةُ هي بالطَّبعِ ٱلطائرةُ . وهَدَفُ هذا الكِتابِ هُو أَنْ يَشْرحَ بأَبْسطِ ٱلعِباراتِ كَيْفِيَّةَ عَملِ ٱلطائرةِ .

إنَّ ٱلسيَّاراتِ تَسيرُ على أَرضٍ صُلْبَةٍ ولا تحتاجُ إلَّا إلى ما يدفَعُها لِتَسيرَ ، وٱلقواربُ وٱلسفنُ يَحملُها ٱلماءُ فتظَلُّ طافيةً على وَجْهِهِ في جميعِ ٱلظروفِ ٱلطبيعيَّةِ . أمَّا ٱلطائرةُ فإنَّها أثقلُ من ٱلهواءِ ٱلذي تطيرُ فيه ، فيَنْبغي أَوَّلًا اقلاعُها من ٱلأرضِ وتمكينُها من ٱلمُكُوثِ في ٱلهواءِ على ٱلرُّغْمِ من ثِقَلِها ، ثمَّ يَنْبغي إعادتُها إلى ٱلأرضِ بِلُطفٍ عند الحطِّ ودُونَ أنْ يلْحقَ بها أذًى .

ولكي نكتَشِفَ كَيْفَ تَعملُ ٱلطائرةُ ، يَجْدُرُ بنا أَوَّلًا دراسَةُ خَصائصِ ٱلهواءِ وسُلُوكِهِ وتأثيرِهِ في ٱلأجسامِ ٱلتي تَتحرَّكُ فيه . فٱلكيفيَّةُ ٱلتي تُصْنَعُ بها ٱلطائرةُ لكي تَستفيدَ من خصائص ٱلهواءِ أَمْرٌ مُهِمٌّ في تَفهُّمِ طَريقةِ عَمَلِها ، وكذلكَ شأنُ ٱلطريقةِ والوسائلِ ٱلتي تُقادُ بها ٱلطائرة بحيثُ تستجيبُ إلى رَغَباتِ ٱلطيّارِ وتَوْجيهاتِه .

إنَّه لَموضوعٌ واسِعٌ حقًّا ، ولكنَّهُ موضُوعٌ شيِّقٌ ومُمتِعٌ .

الهَـــوَاءُ

يُوجَدُ حَوْلَ سَطْحِ ٱلأَرضِ غِلافٌ هَوَائِيٌّ ضَخْمٌ ، ولهذا ٱلهواءِ ضَغْطٌ جَوِّيٌّ سَبَبُهُ ثِقلُ كُتلةِ ٱلهواءِ ٱلذي فَوْقَهُ ، فإذا تركنا سطحَ ٱلأَرضِ وأَخذْنا بالصُّعودِ ، شرعَ ٱلضغطُ بالتّناقُصِ لأنَّ مقدارَ ٱلهواءِ ٱلذي يبقى فوقَنا يكونُ قد نَقَصَ فيَقِلُّ ضغطُهُ .

وعلى مستوى سطحِ ٱلبحرِ يبلغُ ضَغطُ ٱلهواءِ حَوالَى كِيلوغرام على ٱلسنتيمتر ٱلمُرَبَّع أي عَشَرَةَ أَطْنَانٍ على المتر المربَّع من ٱلسَّطح . وعلى ارتفاعِ ٦ كيلومترات يَهْبِطُ هذا ٱلضغطُ إلى نصف كيلوغرام على السنتيمتر المربّع ، وعلى ارتفاعِ ١٨ كيلومترًا يصبحُ ٱلضغطُ حَوَالَى ٧٠ غرامًا فقط على السنتيمتر المربّع .

وٱلهواءُ قابلٌ للانضغاط أَيضًا ويعني ذلكَ أنه يكونُ في جوارِ الأرضِ أَكْثَرَ ٱنضِغاطًا أو أكبرَ كثافةً وذلك بسبب ضغطِ كلِّ ٱلهواءِ الموجودِ فوقَه . ولَمَّا كانَ ٱلهواءُ عند مُستوى سطحِ ٱلبحر أكثرَ كثافةً فإنه أثقلُ من هواءِ ٱلطبقاتِ ٱلعليا . وإذا ٱستعنّا بأمثلةِ الارتفاعاتِ ٱلسابقةِ وجدْنا أنّ ٦,٢ مِترٍ مكعّبٍ منَ ٱلهواءِ تزِنُ ثمانيةَ كيلوغراماتٍ تقريبًا عند مستوى سطح البحرِ أيْ أنّ كلَّ متر مكعبٍ من ٱلهواءِ يزن حوالى ١,٢٩ كيلوغرامًا . ويَزِن الحجم نفسه أربعة كيلوغراماتٍ فقط على ٱرْتفاعِ ٦ كيلومترات ، وتزِن أقلَّ من ثلاثةِ أرباعِ الكيلوغرام على ٱرتفاعِ ١٨ كيلومترًا .

إنَّ لهذهِ الفروقِ في ضغطِ الهواءِ وكثافتهِ علاقَةً كبيرة بتصميم ٱلطائراتِ وتلك حقيقةٌ سوف تصبحُ قادرًا على فهمها أكثر فأكثر كلَّما تقدَّمتَ في مُطالعة هذا ٱلكتابِ .



الرفْعُ والمُقاومة

لِكَيْ تُصبحَ ٱلطائرةُ قادرةً على ٱلطيرانِ في ٱلهواءِ ، ينبغي أنْ تُدفَع إلى أعلى بقُوَّةٍ رافعةٍ تكونُ مُساويةً لِثِقَلِها على ٱلأقلّ . كيفَ يُمكِنُ توفيرُ هذه القُوَّة ٱلرافعة ؟ فَلْنَتأمَّلْ أولًا في تصميمِ هيكلِ جسمٍ بَسيط طيَّارٍ ألا وهو ٱلطائِرةُ ٱلورقيَّةُ . لقد رُكِّبت خُيوطُ هذه ٱلطائرةِ وصُمِّم هيكلُها بحيثُ أنَّها عندما تطيرُ ، لا تكونُ مُنْبسِطةً ولا قائمةً ، وإنَّما تكونُ مائلةً بزاويةٍ ما ، بحيثُ أنَّ مُقدِّمتها أو **حافَّتها ٱلأماميَّة** تكونُ أعلى من مؤخرتِها أو **حافَّتها الخلفيَّة** . هل لاحظْتَ هذا ٱلأمرَ ؟ وٱلزاويةُ ٱلتي تميلُ بها ٱلطائرةُ ٱلورقيَّةُ تُعرَفُ باسمِ **زاويةِ الهُبوب** .

وإذا أعطَيْتَ ٱلطائرةَ سُرعةً بأَنْ رَكَضْتَ وأَنتَ مُمْسِكٌ بِخَيْطِها ، فانَّها ترتفعُ في ٱلهواءِ . وإذا أَرخَيْتَ لها ٱلخيطَ فانَّها تعلو أكثر فأكثر ، وهذه القُوَّةُ ٱلتي تَجعلُ ٱلطائرةَ ترتفع إلى أعلى تُسَمَّى **قُوَّةَ الرَّفْع** . وإذا أَمْسَكْتَ ٱلخيطَ بقوَّةٍ وجذبْتَ ٱلطائرةَ نحوَكَ في ٱلهواءِ ، شَعَرْتَ بِجذبٍ مُضَادٍّ كما لو كانَ الهواءُ يدفعُها إلى ٱلخلفِ ، وهذا ٱلدفعُ يُسَمَّى **مُقاومةَ الهواءِ** وهو يعمل باتِّجاهٍ مُعاكسٍ لاتِّجاهِ ٱلطيرانِ .

في ٱلطائرةِ ٱلعاديّة تعملُ قُوّةُ الرَّفعِ كقُوةٍ مُفيدةٍ لا غِنَى عنها للطيرانِ ، ويُحصلُ عليها جُزْئيًّا بواسطةِ أجنحةِ ٱلطائرةِ وجُزئيًّا مِن سُرعةِ ٱنطلاق ٱلطائرة إلى ٱلأمامِ . وأمَّا المقاومةُ فهيَ دفعٌ إلى ٱلخلفِ يُعيقُ سَيْرَ ٱلطائرة قُدُمًا ويَنْبغي تخفيفُه إلى ٱلحدِّ ٱلأدنى .



جَناحا ٱلطائرةِ

يَسْتَخْدِمُ مُصَمِّمُو ٱلطائراتِ أَجنِحة رَفْعٍ قَوِيَّةً ذاتَ شكلٍ احديدابيٍّ خاصٍّ تُعرَفُ باسمِ **ٱلسُّطوحِ ٱلانْسِيابيَّةِ ٱلرَّافعةِ** . يتألَّفُ ٱلسطحُ ٱلانسِيابيُّ ٱلرافعُ في ٱلحقيقةِ مِنْ سطحينِ : عُلْويٍّ وسُفْليٍّ . ولكلٍّ منهما احديدابٌ مختلفُ ٱلتقوُّس . ولهذا سببان أساسيَّانِ : أوَّلًا إنَّ ٱلسطحَ ٱلمُقوَّسَ يعطي رفعًا أَحسنَ . وثانيًا إنَّ على جناحِ ٱلطائرةِ أنْ يَرْفعَ عنِ ٱلأرضِ مَركبةً ثقيلةً ، فينبغي أَنْ يكونَ ذا ثِخْنٍ يوفِّرُ له المتانة الكافية .

لقد ذَكرْنا في ٱلفصلِ ٱلسابقِ ٱلزاويةَ ٱلّتي يَميلُ بها سَطحُ ٱلطيّارةِ ٱلورقيَّةِ ، أَيْ زاويةَ ٱلهُبوب . إنَّ جَناحَيِ ٱلطائرةِ أَيضًا يَميلان بزاويةٍ مُماثلةٍ ، فهما مُركَّبانِ في جسمِ ٱلطائرةِ بحيثُ تكونُ ٱلحافَّةُ ٱلأَماميَّةُ أَعلى بقليلٍ من ٱلحافَّةِ ٱلخلفيَّةِ عندما تُرى ٱلطائرةُ وهي في وضعِ ٱلطيرانِ . وإنَّ زيادةَ زاويةِ ٱلهُبوب تَزيدُ قوَّةَ ٱلرفعِ مثلَما هي ٱلحالُ في ٱلطيّارةِ ٱلورقيَّةِ . ولكنّها تَزيدُ مُقاوَمة الهواءِ أيضًا . ومنْ أَجْلِ ٱلطيرانِ ٱلعاديِّ ينبغي أَنْ تكونَ زاويةُ ٱلهُبوبِ بٱلْمقدارِ ٱلّذي يُوَفِّرُ رَفعًا كافيًا ويُسبِّبُ في ٱلوقتِ نَفْسِهِ أدنى مُقاوَمةٍ مُمكِنةٍ .

وفي ٱلطائراتِ ٱلحديثةِ ٱلسَّريعةِ تكونُ زاويةُ ٱلهُبوب صغيرةً جدًّا ، لا تزيدُ عمليًّا على درجتينِ فوقَ ٱلمُسْتوى ٱلأُفقيِّ عندما تكونُ ٱلطائرة في وَضْعِ ٱلطيرانِ ٱلأُفقيِّ . وزاويةُ ٱلهُبوب هي ٱلزاويةُ ٱلواقعةُ بين تيّارِ ٱلهواءِ ٱلنِّسبيِّ وبينَ ٱلخطِّ ٱلوتريِّ . والخطُّ ٱلوتري هو الخطُّ ٱلذي يَصِلُ بين مركزَيْ ٱلاحديداب في كُلٍّ من الحافتيْنِ : ٱلأَماميَّةِ وٱلخلفيَّةِ .

مَجرى ٱلهواءِ فَوْقَ جَناحِ ٱلطائرة

لكيْ يتسنّى لجناحَيِ ٱلطائرةِ توفيرُ ٱلرَّفعِ ٱللازم للطيرانِ ، ينبغي أنْ يكونَ جَريانُ ٱلهواءِ ٱلإجماليّ فوقَ ٱلجناحِ وحَوْلَهُ ٱنْسيابيًّا لا ٱضْطرابيًّا .

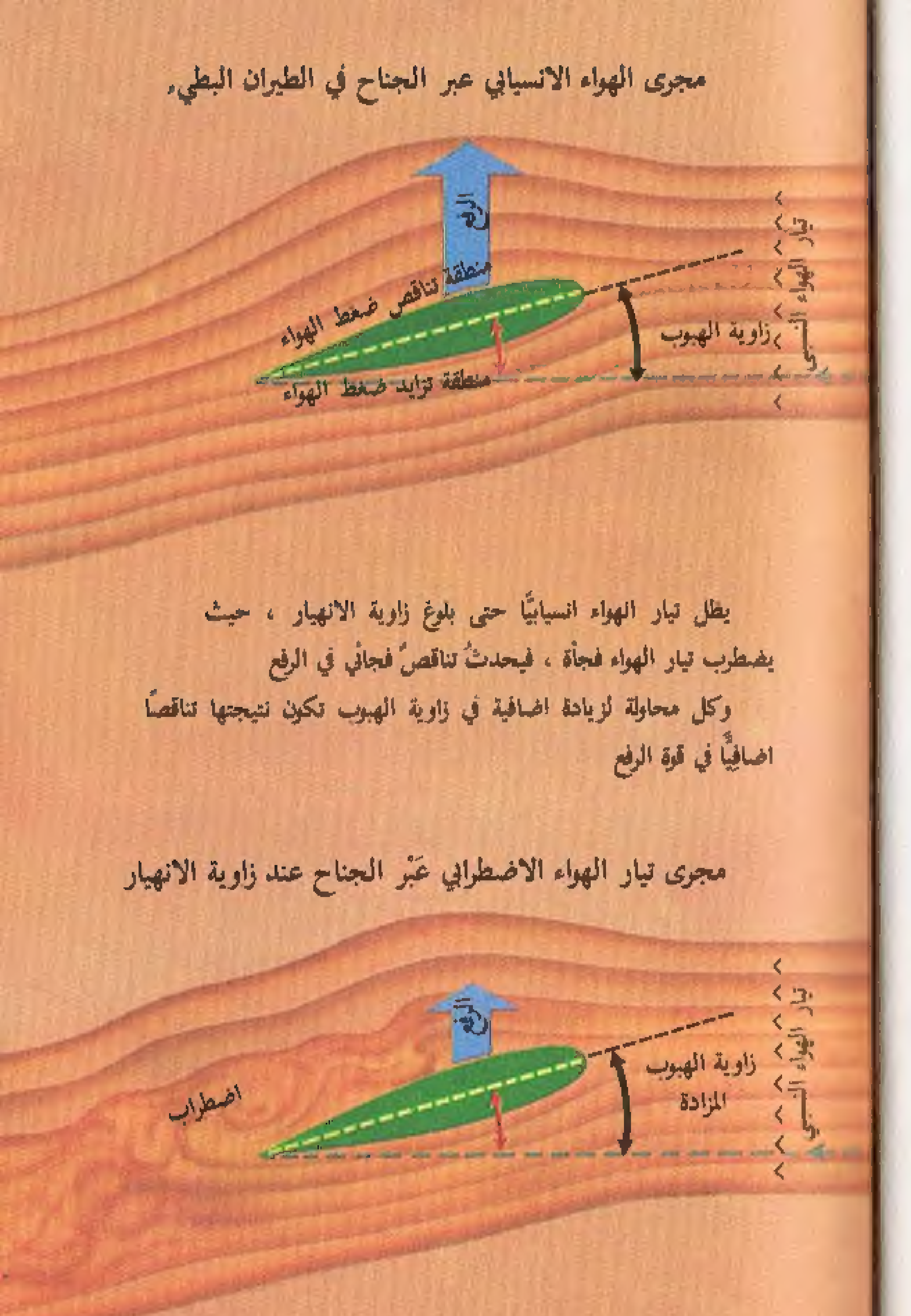
ومقدارُ ٱلرفعِ ٱلذي يُوَفِّره الجناحان يَعتمِدُ على :

١ – شَكلِها . ٢ – مِساحتِها . ٣ – كثافةِ ٱلهواءِ ٱلذي تطيرُ فيه ٱلطائرة .
٤ – السرعةِ ٱلتي يمرُّ بها ٱلهواءُ عليها . ٥ – زاويةِ ٱلهُبوب .

إنَّ ٱلرَّقْمينِ ٤ و٥ هما ٱلعاملانِ ٱللذانِ يُمْكِنُ أن يُسيطِرَ عليهما ٱلطَّيّارُ ، وإنْ كانَ لهُ أيضًا بعضُ ٱلسيطرةِ على ٱلرَّقْمِ ٣ باخْتِيارِهِ الارْتفاعَ ٱلذي يطيرُ فيه .

وبالنسبة إلى سُرعةٍ مُعيَّنةٍ ، يكونُ مِقدارُ ٱلرفعِ مُتعلِّقًا بزاويةِ الهُبوب ، فكلَّما كانتْ هذه ٱلزاويةُ أكبرَ كانَ ٱلرفعُ أكثرَ . ويَظلُّ هذا صحيحًا حتّى تبلُغَ زاويةُ الهُبوبِ في تزايُدِها حدًّا يُسمّى **بزاويةِ الانهيارِ أوْ زاويةِ التوقُّف** ، حيثُ يُصبِحُ تيارُ ٱلهواءِ ٱلإجماليّ مُضطرِبًا ويَحدُثُ تناقُصٌ مُفاجِئٌ في مِقدارِ ٱلرفْعِ .

ولَمَّا كانَ ثِقَلُ ٱلطائرةِ في ٱلهواءِ ثابتًا ، فإنَّ ٱلرفعَ ٱلمطلوبَ للمُحافظةِ على طيرانِها ٱلمستقيمِ باتجاه أُفُقيٍّ ، ينبغي أيضًا أنْ يكونَ ثابتًا . لهذا السببِ يستطيعُ طيّارُ اختبارِ الطائراتِ ، وهو على ٱرتفاعٍ مأمونٍ ، أنْ يطيرَ مستقيمًا وعلى عُلُوٍّ ثابتٍ بأنْ يُنقِصَ سُرعتَهُ بالتَّدريجِ ويَزيدَ من زاويةِ ٱلهُبوبِ بحيثُ يبقى مقدارُ ٱلرفعِ ثابتًا ، حتّى يصِلَ إلى زاويةِ الانهيار . وفي حالةِ ٱلطيرانِ ٱلمُستقيمِ ٱلأُفقيِّ ، تبلغ ٱلطائرة هذهِ ٱلزاويةَ الحديَّةَ دَوْمًا بنفسِ ٱلسُّرعةِ المُبيَّنة لها بالنِّسبة للهواءِ وٱلّتي تُعرفُ باسمِ سرعة الانهيار أو **سُرعةِ التوقُّف** .





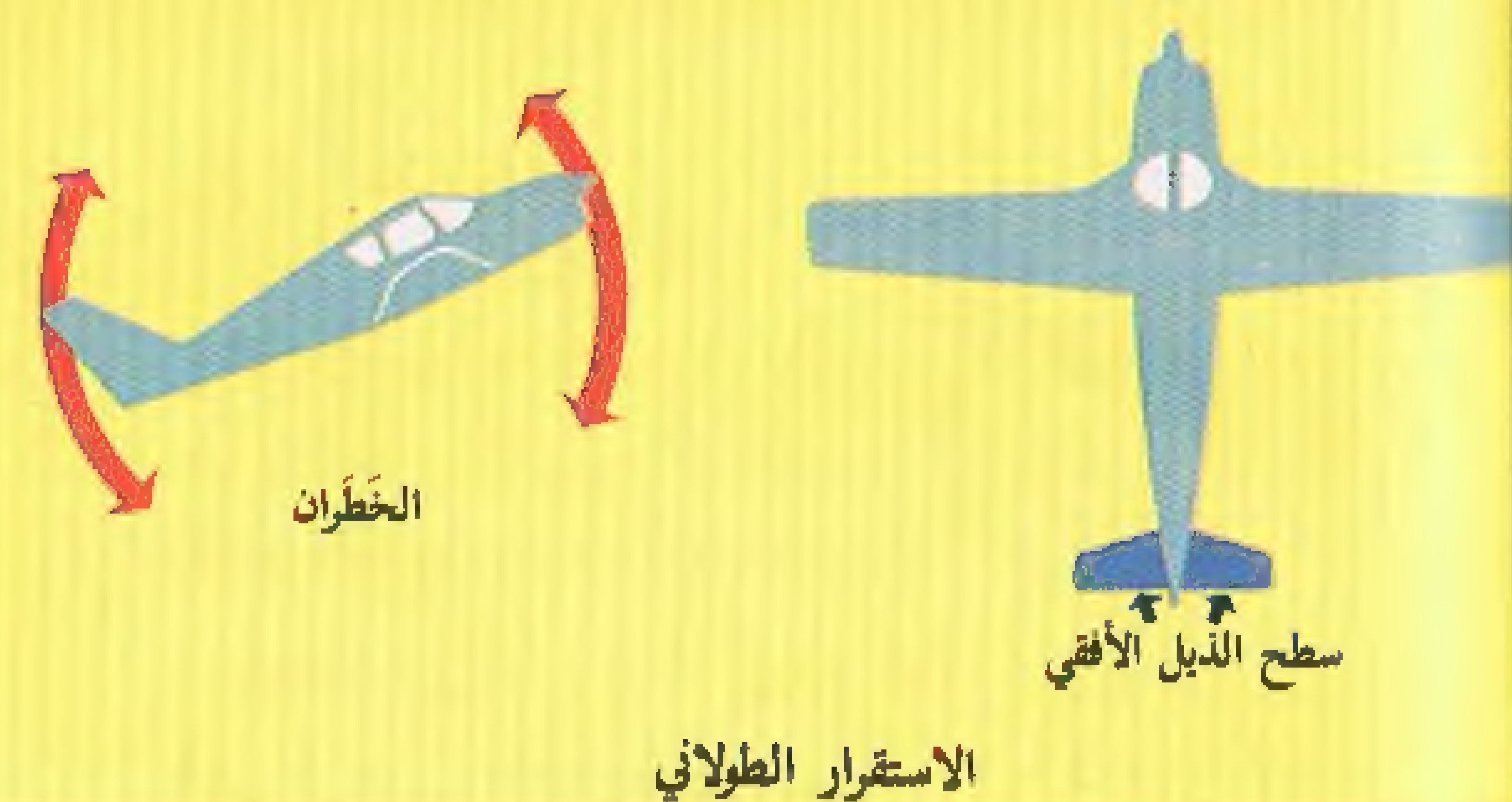
القُوى المُؤثِّرةُ في الطائرةِ

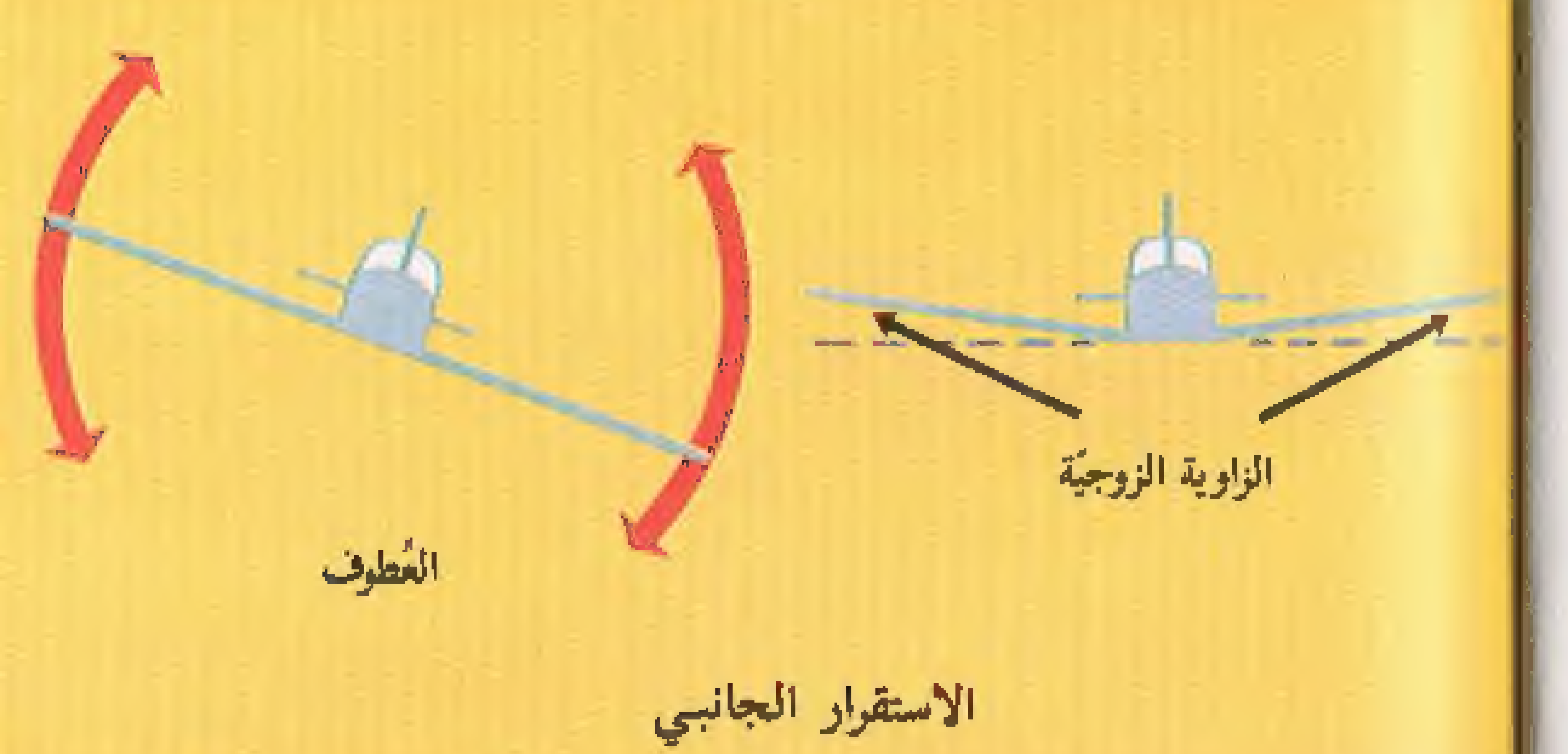
يُمكنُنا الآنَ أنْ نَستعرضَ بإيجازٍ مُختلِفَ القُوى الفاعِلةِ في الطائرة لِنرى كيْفَ تؤثِّرُ هذه القُوى في الطائرة كمجموعةٍ عِندما تكونُ في وَضْعِ الطيرانِ المستقيمِ الأُفقيِّ .

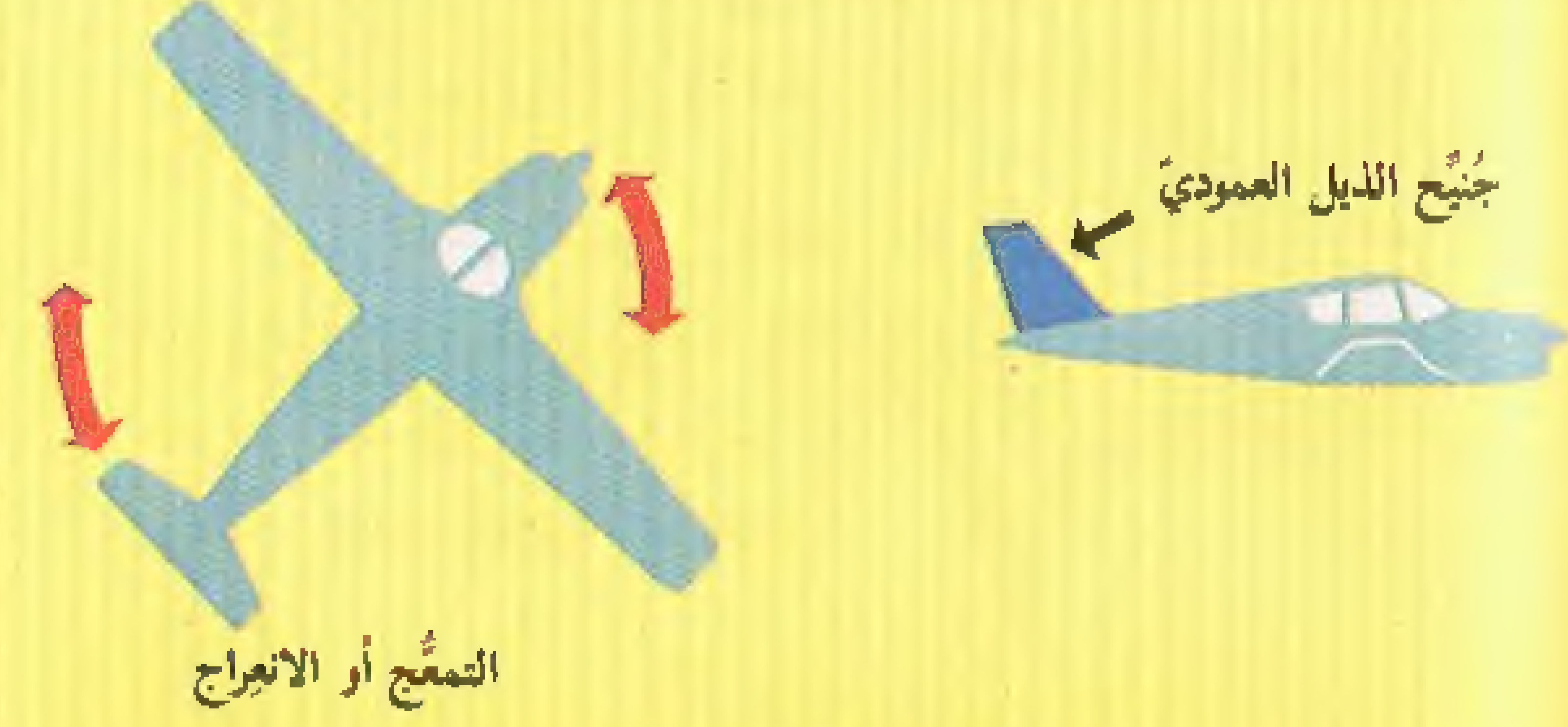
تتلقَّى الطائرةُ كُلَّ قوَّتِها الرافعةِ تقريبًا مِنْ جَناحَيْها ، أمَّا قوّةُ الرفعِ من أجزائِها الباقيةِ فقليلة جدًّا . ومن جهةٍ أُخرى ، فإنَّ جِسمَ الطائرةِ (أَوْ قَفَصَها) وحَوامِلَ المُحركِ وغيرَ ذلكَ من الأَقسامِ البارزةِ ، هي الّتي تُسبِّبُ القسمَ الأعظمَ من المُقاومةِ . لذلك ينبغي أنْ نجعلَ جميعَ هذه الأقسامِ مُنْبسطةً ملساءَ وانْسيابيَّةً بقدرِ الإمكانِ .

تعملُ القوَّةُ الرافِعةُ في الطائرةِ عَمُوديًّا نحو الأعلى ، أمَّا ثِقَلُ الطائرةِ فيجذبُها عموديًّا نحو الأسفلِ . ولكيْ تطيرَ الطائرة أُفقيًّا على خطٍّ مُستقيمٍ ينبغي أنْ تُساوِيَ القوَّةُ الرافِعةُ الثِقلَ . فإذا كانتِ القوةُ الرافعةُ أكبرَ من الثِّقلِ ارتفعت الطائرةُ إلى أعلى ، وإذا كانَ الثِّقلُ هو الأكبرُ فإنَّها تَهْبِط وتهبِطُ حتى تصطَدمَ بالأَرْضِ .

ثم إنَّ هُنالِكَ قُوًى أُفقيَّةً : مُقاومةَ الهواء الّتي هي كما نعلمُ قُوَّةٌ خلفيَّةُ الاتجاه تدفعُ الطائرةَ إلى الوراءِ ، وقوة الدفعِ وهي قوَّةٌ أماميَّةُ الاتجاه تولِّدُها محركاتُ الطائرةِ . ومثلما أنَّ الرفعَ والثِّقلَ يَنْبغي أنْ يتساوَيا لكيْ تطيرَ الطائرةُ أُفُقيًّا على خطٍّ مُستقيمٍ ، كذلكَ ينبغي أنْ يكونَ الدَّفْعُ مُساوِيًا للمقاوَمةِ الكُلِّيَّةِ حتَّى تَسيرَ الطائرةُ بِسُرعةٍ ثابتةٍ . أمَّا إذا زاد الدفعُ على المقاومةِ فإنَّ سُرعةَ الطائرةِ تزيدُ نِسبيًّا .







استقرارُ ٱلطّائرةِ وحرَكاتُها

هُنالِكَ أمرٌ آخرُ يَهْتَمُّ بِهِ مُصمِّمو ٱلطائراتِ ٱهتمامًا كبيرًا ، وهو **أستقرارُها** (أو ٱتّزانُها) . ويُمكِنُ وَصفُه بإيجازٍ بأنّهُ ٱلطَّريقةُ ٱلّتي تُصحِّحُ بها ٱلطائرةُ تلقائيًا (أيْ دُونَ تدخُّلِ ٱلطيّارِ عَبْرَ أجهزةِ ٱلقيادةِ) ٱلحركاتِ غيرَ المرغوبِ فيها وٱلّتي تُسبِّبُها ٱضطراباتُ ٱلهواءِ ، وهُنالكَ ثلاثةُ أنواعٍ من ٱلحركاتِ ينبغي أنْ يُصَمَّم الاستقرارُ ٱلطبيعيُّ للطائرةِ لِتصحيحها .

١ – الخَطَرانُ : وهو حركةٌ تترجَّحُ فيها مُقدَّمةُ ٱلطائرةِ إلى ٱلأعلى وإلى ٱلأسفلِ بسببِ ٱضطرابِ ٱلهواءِ . فينبغي أنْ يكُونَ للطائرةِ **ٱستقرارٌ طُولانيٌّ** يُعيدُ مُقدَّمتَها إلى ٱلوضعِ ٱلأصليِّ ٱلذي كانَتْ فيه . وسطح الذيلِ الأُفُقي هو الجزءُ من هيكل الطائرة المُخصَّصُ لأداءِ هذه الغايةِ .

٢ – العُطوف : تمايلُ الطائرةُ عندما يُدفع طرفا الجناحينِ إلى ٱلأعلى أو ٱلأسفلِ . وفي هذهِ ٱلحركةِ يُحتَملُ أنْ تنزلِقَ ٱلطائرةُ جانبيًا نحو طرفِ ٱلجناحِ ٱلأخفَضِ ، ما لمْ يُصَحَّحْ ذلكَ بفضلِ **الاستقرارِ الجانبيّ** . ويَتحققُ الاستقرارُ الجانبيُّ عادةً بإمالةِ ٱلجناحينِ قليلاً نحو ٱلأعلى بالنسبة لجسمِ ٱلطائرةِ وفي ٱتّجاه طرَفَيِ ٱلجناحِ ، عند صُنْعِ ٱلطائرةِ . وتُعرَفُ ٱلزاويةُ ٱلّتي يُثبَّتُ عليها ٱلجناحانِ باسْمِ **الزاوية الزَّوجيّةِ** ، وهي ثابتةٌ ولا يمكِنُ تعديلُها .

٣ – التمعُّج أو الانعراج : وهو حركةٌ دورانيّةٌ تميل فيها مُقدَّمةُ ٱلطائرةِ إلى ٱلدَّورانِ يَمْنةً أوْ يَسْرةً ، وتحاولُ ٱلطائرةُ أنْ تحيد جانبيًّا عن طريقِها . ويقوم جُنَيْحُ ٱلذَّيلِ العموديُّ بمُقاوَمَةِ هذه ٱلحركةِ ويُوفِّرُ للطائرةِ **الاستقرارَ الاتجاهيَّ** لتبقى في وضعِها ٱلصَّحيحِ مُتّجِهةً إلى ٱلأمامِ .

التحكُّمُ في ٱلطائرةِ وقِيادَتُها

مَهْما كانتِ ٱلطائرةُ مُسْتقِرَّةً ، فإنَّه ينبغي أَنْ يكونَ ٱلطيَّار قادرًا على قِيادتِها وٱلتحكُّمِ بها لكي يَزيدَ أَوْ يُنْقِصَ مِن ٱرْتفاعِها ، أَوْ أَنْ يُغيِّرَ مِن ٱتِّجاهِها كُلَّما دَعَتِ الحاجةُ إلى ذلك .

فٱلتحكُّمُ ٱلطُّولانيُّ يَرْفَعُ أَوْ يُخْفِضُ مُقدَّمةَ ٱلطائرةِ ، ويتمُّ بواسطةِ **سَطْحَي ٱلرَّفع** في مُؤخَّرةِ سَطْحِ ٱلذيلِ . فإذا حُرِّكَ ذراعُ ٱلقيادة إلى ٱلأمامِ ٱنْخَفَضَ سطحا الرَّفع وزادَ ذلكَ من قُوَّةِ الرَّفع على ٱلذَّيْلِ ، فتميلُ مُقدَّمةُ ٱلطائرةِ إلى ٱلأسفلِ وتهبط ٱلطائرةُ . وتُعكَسُ ٱلعمليَّةُ لِرَفعِ مُقدمَّة ٱلطائرة من أجلِ الصُّعودِ .

وٱلتحكُّمُ الجانبيُّ يتمُّ بتحريكِ ذراع ٱلقيادةِ جانبيًّا (أو بتدوير دُولابٍ نِصْفيٍّ في أعلى ذراع ٱلقيادة) فهذا يُحرِّكُ **ٱلجُنَيْحَيْن** المتصلين بمؤخَّرةِ الجناحينِ قريبًا من نِهايَتَيْهما . فتحريكُ ذراع ٱلقيادةِ نحو ٱليمينِ يُخفِضُ ٱلجُنَيْحَ ٱلأيسرَ ويَزيدُ قوَّةَ ٱلرفعِ على ٱلجناحِ ٱلأيسرِ فتَميلُ ٱلطائرةُ نحو ٱليمينِ . وفي ٱلوقت نَفْسِهِ يكُونُ ٱلجُنَيْحُ ٱلأيمنُ قد رُفِعَ لإنقاصِ قوّةِ ٱلرفعِ على ٱلجناحِ ٱلأيمنِ وتخفيضِه . ويبدو ذلكَ واضحًا في ٱلصورةِ بٱلنِّسبة لشخصٍ يَرْقُبُ ٱلطائرةَ من ناحيةِ ذَيلِها .

ويَتمُّ التحكُّمُ ٱلتوجيهيُّ بواسطةِ دَفَّةٍ على جُنَيْحِ الذيلِ العَمودي يحركُها ٱلطيارُ بقدميْه . فإذا ضغطَ ٱلدوَّاسةَ ٱليُسرى إلى ٱلأسفلِ ، دارَتِ ٱلدَّفَّةُ إلى ٱليسارِ فزادَتِ ٱلقوَّةَ ٱلمؤثِّرة في يَسارِ جُنَيْحِ ٱلذَّيلِ ، ودَفَعتْ بمقدَّمةِ ٱلطائرةِ نَحْوَ ٱليسارِ .

التحكم الطولاني

التحكم الجانبي

التحكم التوجيهي



مَزِيدٌ من ٱلمعلوماتِ حَوْلَ الاسْتِقرارِ جِهازُ ٱلطيرانِ ٱلتِّلقائيُّ

لَقَدْ ذكَرْنا مُقَوِّماتِ الاستقرارِ في ٱلصفحةِ ١٦ ، ونُورِدُ هنا مَزِيدًا من ٱلمعلوماتِ حَوْلَ هذا ٱلموضوعِ ٱلهامِّ .

يَختَلِفُ الاسْتِقرارُ بٱختِلافِ أَنواعِ ٱلطائراتِ فٱلطائراتُ ٱلمُقاتِلةُ ٱلسَّريعةُ ينبغي أَنْ تكُونَ سَريعة ٱلمُناوَرة والتحرُّك فوقَ طائرةٍ أو هدفٍ أرضيٍّ مُعادٍ. وهي تطيرُ لِفَتراتٍ قصيرةٍ فقط ، لذا فالاستقرارُ التلقائي فيها أَقلُّ مما هو في ٱلطائراتِ ٱلكبيرةِ . ولكنَّ وسائطَ التحكمِ المُباشِر للطيَّارِ فيها أَكثرُ . فٱلطائرةُ ٱلتي تَعُودُ تِلقائيًا إلى وَضْعِها ٱلأَصْلِيِّ كُلَّما حاولَ الطيَّارُ المُناورةَ بها تكُونُ طائرةً مُقاتِلةً قَليلةَ الجَدارةِ .

لكنَّ ٱلطائراتِ ٱلتجاريّةَ الكبيرةَ ٱلتي تطيرُ بٱستمرارٍ من مكانٍ إلى آخر في رِحْلاتٍ تستمرُّ عِدَّةَ ساعاتٍ ، تحتاجُ إلى درجةٍ عاليةٍ من الاسْتِقرارِ التلقائيّ ، بحيثُ لا يُضطرُّ رُبّانُ الطائرةِ إلى مُداوَمةِ ضَبْطِ أجهزة قيادة ٱلطائرةِ من أجْلِ كُلِّ حركةٍ صَغيرةٍ تُواجِهُها . فَذلكَ سيكونُ أَمرًا مُتْعِبًا جدًا في رِحْلة جَوِّيَّةٍ عَبْرَ ٱلمحيطِ ٱلأَطلسي مثلًا . ولمُساعدةِ رُبّانِ ٱلطائرةِ في الرحلاتِ الطويلةِ ، وإعطاءِ ٱلطائرةِ مَزِيدًا من الاسْتِقرارِ ، زُوِّدَتْ أَكثرُ ٱلطائراتِ ٱلتجاريّةِ بجهازِ **طيرانٍ تلقائيٍّ** (أُتوماتيكيٍّ) يُعرَفُ أَحيانًا بٱسمِ «جورج» وهو نِظامٌ يَتأَلَّفُ من عددٍ من ٱلجيروسكوبات وٱلأَجهزةُ ٱلإلكترونيَّةُ تُبقي أجهزة قيادة ٱلطائرةِ في ٱلوَضعِ ٱلصَّحيحِ من أجلِ طيرانٍ أُفُقيٍّ مُستقيمٍ فيمكِنُ لرُبَّانِ ٱلطائرةِ أنْ يحوِّلَ ٱلقيادَةَ إلى «جورج» عندما يَرْغَبُ في أَنْ يستريحَ أَو أَنْ يتنقَّلَ في أَرْجاءِ ٱلطائرةِ .

السُّرعةُ الهوائيَّةُ والسُّرعةُ الأرضيَّةُ

هُنالكَ نوعانِ من السُّرعةِ ينبغي معرفَتُهما : **السُّرعةُ الأرضيَّةُ** ، وهي السُّرعةُ الفعليَّةُ للطائرةِ بالنسبةِ إلى الأرضِ ، **والسُّرعةُ الهوائيَّةُ** وهي سُرعةُ الطائرةِ بالنِّسبةِ إلى الهواءِ . وهما شيئانِ مُختلِفانِ تماماً .

ولْنعُد لحظةً إلى الطيَّارةِ الورقيَّةِ ، فإذا أنتَ ركضْتَ بالطيَّارةِ الورقيَّةِ في هواءٍ ساكنٍ بسُرعةِ خمسةِ أميالٍ (٨ كيلومترات) في الساعةِ ، فإنَّ سُرعةَ الطيَّارةِ بالنسبةِ إلى الأرضِ تكونُ خمسةَ أميالٍ في الساعةِ ، لأنَّ هذه هي السُّرعةُ الفعليَّةُ التي تجرُّها بها فوقَ الأرضِ . لكنَّكَ لو ركضْتَ بالطيَّارةِ الورقيَّةِ بسُرعةِ خمسةِ أميالٍ في الساعةِ مُعاكِساً لِنسيمٍ سُرعَتُهُ خمسةُ أميالٍ في الساعةِ ، فإنَّ سُرعةَ الطيَّارةِ بالنسبة **إلى الأرضِ** ستظلُّ على حالِها ، بينما الرِّيحُ تمرُّ على الطيَّارةِ بسُرعةِ ١٠ أميالٍ في الساعةِ. وذلك يعني أنَّ **سُرعةَ** الطيَّارةِ بالنسبةِ إلى **الهواءِ** ستكونُ عشرةَ أميالٍ في الساعةِ ، أيْ السُّرعةَ التي تركضُ بها ، **مُضافاً** إليها سُرعةُ الهواءِ الذي يَهُبُّ مُعاكِساً للطيَّارةِ . وإذا وَقَفْتَ بطيَّارتِكَ ساكِناً في هذه الريحِ نَفْسِها ، تكونُ **السُّرعةُ الأرضيَّةُ** للطائرةِ معدومةً ، بينما الهواءُ يمرُّ عليها بسرعةِ خمسةِ أميالٍ في الساعةِ . لذلك فإنَّ **سُرعتَها الهوائيَّةَ** هي خمسةُ أميالٍ في السَّاعةِ .

السُّرعةُ الأرضيَّةُ تُحدِّدُ المدةَ التي تستغرقُها الطائرةُ في الطيرانِ من مكانٍ إلى آخرَ ، أمَّا السُّرعةُ الهوائيَّةُ فهيَ التي تتولَّدُ بفعلِها قُوى الرفعِ والمُقاومةِ . فطيَّارتُكَ الورقيَّةُ يُمكِنُ أنْ تبقى عاليةً في الهواءِ في وسَطِ ريحٍ مُناسبةٍ حتَّى ولو كنتَ واقفاً دون حراكٍ ، وستشعرُ أيضاً بشدِّ مُقاومةِ الهواءِ على الخيطِ الذي تُمسِكُ به .

السرعة الأرضية
٥ أميال في الساعة
سرعة الريح صفر
السرعة الهوائية
٥ أميال في الساعة
سرعة الركض
٥ أميال في الساعة

السرعة الأرضية
٥ أميال في الساعة
سرعة الريح
٥ أميال في الساعة
السرعة الهوائية
١٠ أميال في الساعة
سرعة الركض
٥ أميال في الساعة

السرعة الأرضية : صفر
سرعة الريح
٥ أميال في الساعة
السرعة الهوائية
٥ أميال في الساعة
واقف بلا حراك



إقلاعُ ٱلطّائرة

تَعَلّمْنا في ٱلفُصولِ ٱلسّابقةِ شيئًا عن ٱلهواءِ ، وكَيْفَ يُؤثِّرُ ٱلهواءُ في ٱلطائرةِ وَعَنْ كَيفيَّةِ ٱلتحكُّمِ في ٱلطائرةِ . وتلكَ فُصُولٌ مُهمّةٌ جداً لأنَّها تتعلَّقُ بٱلمبادئِ ٱلأساسيَّةِ للطيرانِ . وقد حانَ ٱلوقتُ ٱلآنَ لنرى كَيْفَ ترتفِعُ ٱلطائرةُ فِعْلًا في ٱلهواءِ .

قَبْلَ كُلِّ شَيءٍ ينبغي أَنْ تتّخذَ ٱلطائرةُ وَضعًا صحيحًا على أرضِ ٱلمطارِ . وهذا يتمُّ بدُروجِها على ٱلأرضِ بقوَّةِ مُحرِّكاتِها . وعندما تصِلُ إلى نِهايةِ مَدْرَجِ ٱلإقلاعِ تُدارُ في مُواجَهةِ ٱلريحِ ، أَيْ مُقابِلَ ٱلجهةِ ٱلّتي تَهُبُّ مِنها ٱلرِّيحُ . فبِفَضْلِ ٱلهواءِ ٱلّذي يَهُبُّ عليها تكُونُ ٱلطائرةُ قد ٱكتسبَتْ سَلَفًا سُرعةً هوائيّةً صغيرةً . ثُمَّ تُفتح صِماماتُ ٱلخَنْقِ وتَهْدِرُ ٱلمُحرِّكاتُ وتَنْطَلِقُ ٱلطائرةُ بِسُرعةٍ على طولِ ٱلمَدْرَجِ . وبٱزْدِيادِ ٱلسُّرعةِ ٱلأرضيَّةِ تزدادُ ٱلسُّرعةُ ٱلهوائيَّةُ ، حتّى تبلغ ٱلطائرة سُرعةَ ٱلطيرانِ في هذهِ ٱللحظةِ تستطيعُ ٱلطائرةُ ٱلإقلاعَ بَعْدَ أَنْ تُصْبِحَ مَحمولةً بٱلهواءِ إذا زادَ قائدُها زاويةَ ٱلهُبوبِ قليلاً .

إنَّ قُوّةَ ٱلرَّفعِ ٱلهوائيّةَ ٱلمُؤثِّرة في جَناحَيِ ٱلطائرةِ وسُرعةَ ٱلطائرةِ تُوفِّران ٱلرفعَ ٱللازمَ من أَجْلِ بَدْءِ ٱلطيرانِ . وبعد أَنْ تكُونَ ٱلطائرةُ قد بلغَتْ سُرعةَ ٱلسّلامةِ يُمكنُ للرُّبّانِ أَنْ يُحرِّكَ ذِراعَ ٱلقِيادَةِ برِفْقٍ إلى ٱلخَلْفِ لِرَفْعِ مُقَدِّمةِ ٱلطائرةِ إلى أَعلى وبذلك يَزيدُ في سُرعةِ ٱلصُّعودِ .

الطّيرانُ الأفقيُّ وتَراوُحُ السرعةِ

مِنْ أجلِ الطيرانِ الأفقيِّ المستقيم ، ينبغي أنْ يكونَ الرفعُ دوماً مساوياً للثِّقَلِ . ويتحكَّمُ في الرفعِ عاملانِ هما : السرعةُ وزاويةُ الهُبوب . فإذا زادَ قائدُ الطائرةِ من سرعتِها ولم يُعدِّلْ شيئاً في زاويةِ الهُبوب (انظر الصفحتين ١٢ و ١٣) فانَّ الطائرةَ سترتفعُ . ومِنْ أجلِ المحافظةِ على منسوبِ الطيرانِ الأفقيِّ ينبغي عليه أنْ يدفعَ ذراعَ قيادةِ الطائرةِ إلى الأمامِ ليَخفِضَ مُقدِّمةَ الطائرةِ ويُنقِصَ زاويةَ الهُبوب ، وبذلكَ يُعيدُ التوازنَ بين الرفعِ والثِّقَلِ .

أمَّا إذا أَنقَصَ الطيَّارُ السرعةَ بدونِ أنْ يُعدِّلَ زاويةَ الهُبوب فانَّهُ يَخسَرُ من عُلوِّهِ ، وعلَيه أن يُحرِّكَ ذراعَ القيادةِ إلى الخلفِ ويَزيدَ من زاويةِ الهُبوب لِيُبقِيَ الطائرةَ في مستوى طيرانِها الأفقيّ .

أحياناً يَرْغَبُ قائدُ الطائرةِ في أنْ يطيرَ بأسرعِ ما يُمكنُ ، وقد يَرْغَبُ في أنْ يَطيرَ بالسُّرعةِ الاقتصاديَّةِ المُثلى لكي يُوفِّرَ الوَقودَ ، أوْ أنْ يطيرَ بأبطإِ سُرعةٍ مُمكِنةٍ في لحظةِ الهبوطِ . إنَّ الطائراتِ تُصمَّمُ لِكي تطيرَ بسُرعاتٍ مُعيَّنةٍ وعلى ارتفاعاتٍ مُعيَّنةٍ فهنالكَ سُرعةٌ قُصوى لا تسمحُ قُدرةُ المُحرِّكاتِ بتجاوُزها ، كذلكَ تُوجدُ سُرعةٌ دُنيا للطَّيرانِ لا يُمكنُ للطائرةِ دُونَها أنْ تُقلِعَ منَ الأرضِ . فإذا هَبطَتِ السُّرعةُ إلى ما دُونِ السُّرعةِ الدنيا والطائرةُ في الجوِّ ، فإنَّها تَنهارُ وتتحطَّمُ ، ذلكَ لأنَّ السُّرعةَ حينئذٍ تكونُ أدْنى مِنْ أنْ تُوفِّرَ للطائرةِ رَفْعاً كافياً حتَّى ولو زِيدَتْ زاويةُ الهُبوبِ كثيراً ، وتُعرَفُ هذه السُّرعةُ الدُّنيا بسُرعةِ **الانهيار** .

تأثيرُ زيادة السرعة

الرفع
الثقل
مع زيادة السرعة وانقاص زاوية الهُبوب يمكنُ ابقاء الارتفاع على حاله

الرفع
الثقل
ينتج من زيادة السرعة رفع أكبر وزيادةٌ في الارتفاع

الرفع
الثقل
سرعة ثابتة

تأثيرُ انقاص السرعة

الرفع
الثقل
على الرغم من نقص السرعة نفسه يُمكن إبقاء منسوب الارتفاع على حاله بزيادة زاوية الهبوب

الرفع
الثقل
ينتج من انقاص السرعة انخفاض قوّة الرفع وهبوط منسوب الارتفاع

الرفع
الثقل
سرعة ثابتة

كَيفَ تَبلُغُ ٱلطائرةُ ٱلصاعدةُ ٱرتفاعَها ٱلأقْصى

رأينا في ٱلصفحةِ ٱلسابقةِ أنَّهُ من أجْلِ طيرانٍ أفقيٍّ مُستقيمٍ ، ينبغي أنْ يكُونَ ٱلرفعُ دَوْمًا مُساويًا للثِّقلِ . وأنَّه إذا زاد ٱلرفعُ ، فإنَّ ٱلطائرةَ ستَصعَدُ . اي أنَّ ٱلطائرةَ يُمكِنُها أنْ تَصعدَ إذا توافَرت لها القُدرةُ على توليد سُرعةٍ أكبر – وبالتَّالي رفعًا أكثر – مِمّا يتطَّلبُهُ ٱلطيرانُ ٱلمُستقيمُ ٱلأُفُقيُّ .

مِنَ ٱلوُجْهةِ ٱلنَّظريَّةِ ، كُلُّ ما على ٱلطيَّار أنْ يَفعلَه لإصعاد ٱلطائرة هو أنْ يزيدَ ٱلسُّرعةَ أوْ أنْ يرفعَ مُقدَّمةَ ٱلطائرةِ ليزيدَ زاويةَ ٱلهُبوبِ ، أوْ أن يُحقِّق كِلا الأمرينِ معًا . ولكنَّ ذلك ليس بهذا ٱلقَدْرِ من ٱلسُّهولةِ عمليًّا ، بسبب خَواصِّ ٱلهواءِ ٱلّتي ذكرناها في بدايةِ هذا الكتابِ . فكُلَّما أمعنَتِ ٱلطائرةُ في ٱلصُّعودِ نقصَتْ كَثافةُ ٱلهواءِ ٱلذي تطير فيه ويعني ذلكَ رَفعًا أقلَّ بالنسبةِ إلى سُرعةٍ هَوائيَّةٍ حقيقيَّةٍ مُعيَّنةٍ ، أيْ أنَّهُ يُحتاجُ عندئذٍ إلى مَزيدٍ من ٱلقُدرةِ لزيادةِ ٱلسُّرعةِ الهوائيَّةِ الحقيقيَّةِ مع بقاء زاويةِ ٱلهُبوب على حالِها . أمَّا إذا زِيدَتْ زاويةُ ٱلهُبوب فإنَّه يُحتاجُ حينئذٍ إلى مَزيدٍ مِن ٱلقُدرةِ لِلتغلُّبِ على زيادةِ مُقاوَمة ٱلهواءِ .

وكلَّما زادَ ٱرتفاعُ ٱلطائرةِ ٱزدادت حِدَّة هذا ٱلتأثير ولسُوءِ ٱلحظِّ فإنَّه في ٱلطائرةِ ذاتِ ٱلمحرِّكاتِ ٱلمِكْبسيَّةِ يكُونُ لِنُقصانِ كَثافةِ ٱلهواءِ تأثيرٌ سلبيٌّ في ٱلمُحرِّكِ ، بحيثُ أنَّه حتّى وإنْ زِيدَ شحنُ المحرك بتغْذيةٍ إضافيَّةٍ ، فإنَّ القُدرةَ المُتاحةَ تتناقصُ مع الارتفاعِ . وعندما تُسخَّرُ قُدرةُ المحرِّكات بكُلّيَّتِها لإبقاءِ ٱلطائرةِ في طيرانِها ٱلأُفُقيِّ ٱلمستقيمِ على زاويةِ الهبوب المُثلى ، تكُونُ ٱلطائرةُ قد بلغَتِ ارتفاعَها الأقصى وهُو ما يُسمَّى أحيانًا **سَقفَ الارتفاع** . أمَّا في المحركاتِ النفَّاثةِ فليسَ لِنَقْصِ كثافةِ ٱلهواءِ هذا ٱلأثرُ ٱلهامُّ في تحديد القُدرةِ المُتاحةِ .

السهمُ الأحمرُ يمثّل القدرة اللازمة للطيران
والسهمُ الأصفر يمثل القدرة المتاحة

كيلومترات
لى ٣٠ ألف قدم)

٧ كيلومترات
(حوالى ٢٥ ألف قدم)

٦ كيلومترات
(حوالى ٢٠ ألف قدم)

٤٫٥ كيلومتر
(حوالى ١٥ ألف قدم)

٣ كيلومترات
(حوالى ١٠ آلاف قدم)

١٫٥ كيلومتر
(حوالى ٥ آلاف قدم)

الدَّوَرانُ

إذا طِرْتَ في طائرةٍ أَوْ راقَبْتَ طيرانَها من ٱلأَرضِ فلا بُدَّ وأنَّكَ لاحَظْتَ مَيَلانَ ٱلطائرة عندما تقومُ بالدَّورانِ ، إذ تكونُ نهايةُ أَحدِ ٱلجناحَيْنِ أَنخفضَ من نِهايَةِ الجناحِ الآخرِ ، ويُسمَّى هذا الوَضعُ **بمَيْلِ ٱلعُطوفِ**.

إنَّ ٱلجسمَ ٱلذي يتحركُ على خطٍّ مُستقيمٍ يحاول المُحافظةَ على ٱتجاه سَيْرِهِ في ذلكَ ٱلخطِّ عندما يُدارُ . فإذا سِيقَتْ سيَّارةٌ على مُنْعَطفٍ في طريقٍ أُفقيَّةٍ فإنَّها تَتْبعُ المُعطَفَ فقط ما دامت إطاراتُ عجلاتِها قادرةً على التشبُّثِ بأَرضِ ٱلطريقِ . وإذا زادت سرعةُ السيَّارةِ عن حدٍّ مُعيَّنٍ ، فإنَّها تنزلقُ في ٱتِّجاهِ خطِّ سَيْرِها ٱلأصليِّ ، بتأثيرِ قوَّةٍ تَعْمَلُ مُتَّجهةً إلى خارجِ مَرْكَزِ المُنعَطَفِ وتُعرفُ هذه القوَّةُ باسمِ **ٱلقوَّةِ ٱلنَّابذةِ** . أمّا إذا كانَ مُنْعطَفُ ٱلطريقِ مُعَلًّى من ناحيته ٱلخارجيَّةِ بحيثُ يُؤَلِّفُ سَطحًا مائلًا ، فإنَّ ٱلسيارةَ ستَدورُ عليه دَوَرانًا أَسهلَ وبسُرعةٍ أَكبرَ ، لأنَّ مُحصِّلةَ ٱلقوى الناتجة من ثِقل السيَّارةِ وٱلقوَّةَ ٱلنابذَةَ تؤثِّران عندئذٍ بصورةٍ عموديَّةٍ على السَّطحِ المائلِ للمنعَطفِ .

فإذا حاولَ ٱلطيّارُ أَنْ يُديرَ طيَّارتَه بدُون أَنْ يُميِّلَها ، فإنَّها ستَعْمَدُ للتحرُّكِ جانبيًّا على خطِّ طَيرانِها ٱلأَصليِّ ، مِثلَما يحصلُ للسيَّارةِ في حالَةِ الانْزِلاقِ . لكِنْ عندما يَميلُ ٱلجناحانِ وتُدارُ ٱلطائرةُ بالفعل المُشْتَرَكِ للدَّفَّةِ والجُنَيحَيْنِ وسَطْحَي الرَّفعِ ، فإنَّ الجناحين يُوفِّران رَفْعًا إضافيًّا مُضادًّا للقوَّةِ ٱلدَّافعةِ إلى ٱلخارجِ ويُمكِّنانِ ٱلطائرةَ من ٱلدورانِ بِسُهولةٍ في الأتِّجاهِ ٱلمطلوبِ . لِأَنَّ جميعَ القُوى المُؤثِّرةِ في ٱلطائرةِ تكونُ حينئذٍ في حالَةِ توازنٍ .

القوى المؤثرة لدى الدَّوران



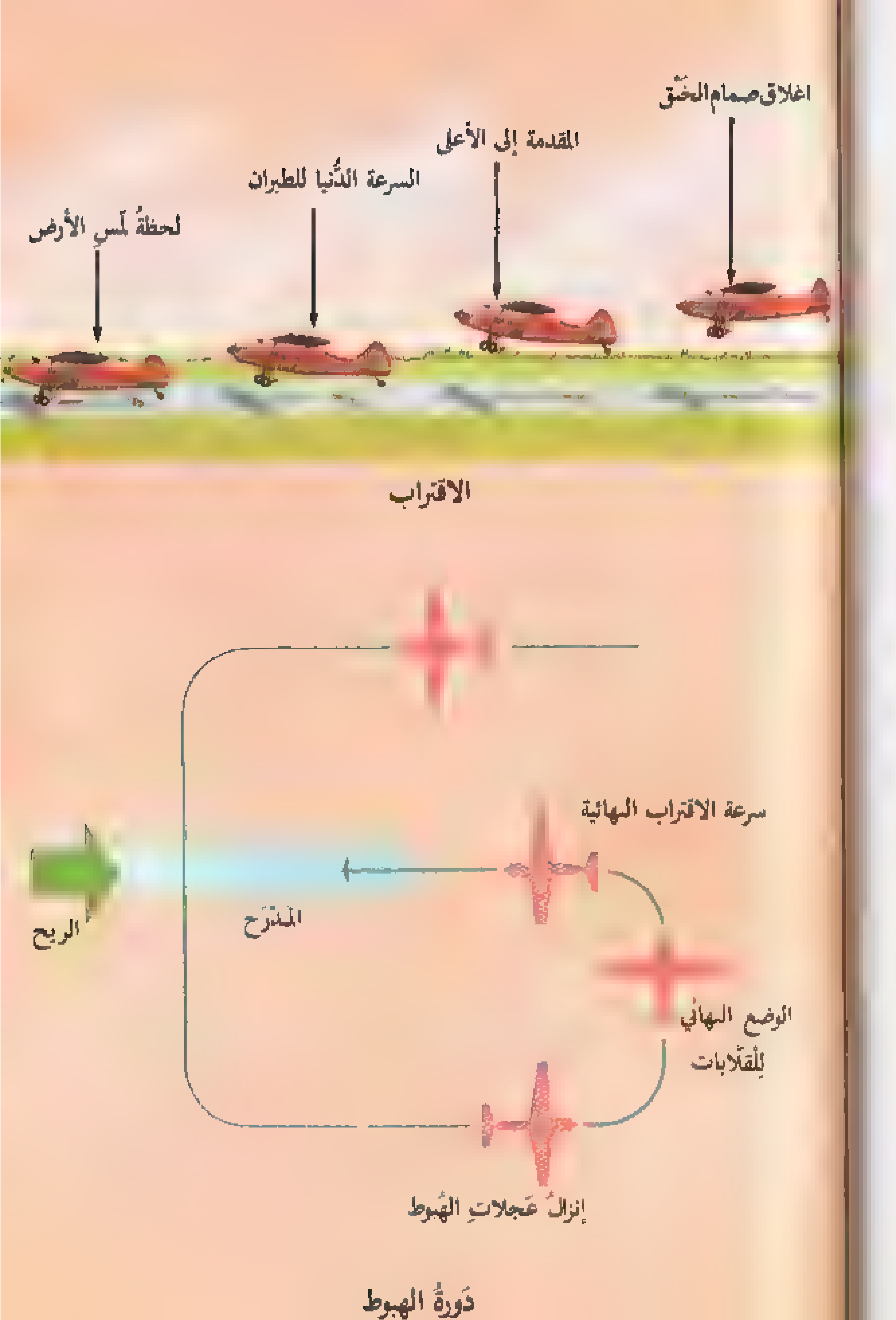
في منعطف طريق أفقية تنزلق السيارة إلى خارج المنعطف عندما تتجاوز القوة النابذة قوة تشبُّثِ الاطارات بسطح الطريق



السيارة ذاتها منطلقة بالسرعة نَفْسِها في منعطف مائل ، لا تنزلق إلى الخارج لأن مُحَصِّلة القُوى المؤثرة في السيارة تضغطُ عموديًّا على سطح الطريق المائل

الرفع الكلي يعادل محصلة الثقل والقوة النابذة
كمية الرفع تساوي الثقل
القوة النابذة
محصلة القوة النابذة والثقل
الثقل

تدور الطائرة بلطف في الاتجاه المطلوب عندما تميّل بالعطوف الصحيح وَتُوفِّر لها الكميةُ المناسبة من الرفع الزائد ، بحيثُ تتوازنُ جميعُ القوى



الاقتراب

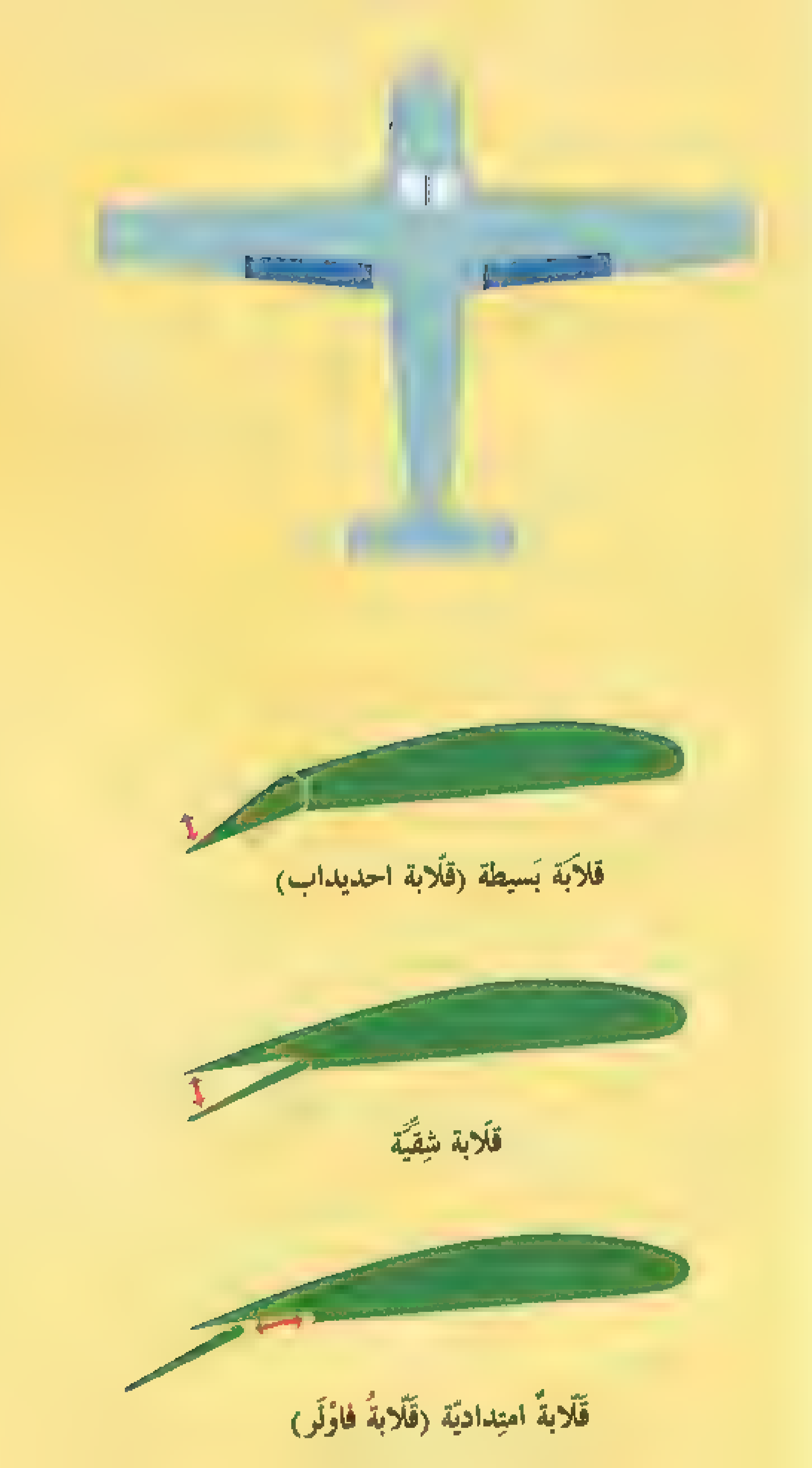
دَورةُ الهبوط

الحَطُّ أو الهُبُوطُ

لَعَلَّ إنزالَ الطائرةِ ، أيْ نَقلَها مِن الهواءِ إلى الأرضِ بالْطفِ ما يُمكِنُ هو أصعبُ عَمَليةٍ في الطيرانِ . وهذا يتطلَّبُ قيادَتَها بأبطإِ سُرعةٍ ممكِنةٍ بدُونِ أنْ تنهارَ ، ويقتضي ذلكَ مَهارةً عظيمةً مِن قِبَلِ الطيّارِ .

عندما تقتربُ الطائرةُ من الأرضِ يكُونُ لها في الوقتِ ذاتهِ سُرعةُ تقدُّمٍ أيْ سُرعةٌ أماميَّةٌ وسُرعةُ هُبُوطٍ سُفليَّةٌ . فالسُّرعةُ الأماميَّةُ (بالنِّسبةِ إلى الأرضِ) تُخفَّفُ تدريجيًا بتَخفيفِ قُدرةِ المحرِّكاتِ ويمكنُ إنقاصُها أكثرَ بالحَطِّ في مُعاكَسةِ الريحِ كلَّما كانَ ذلكَ ممكِنًا . ولكنَّ أوضاعَ المَدارجِ في المطاراتِ الحديثةِ لا تسمَحُ دَوْمًا تنفيذَ ذلكَ بدِقَّةٍ ، لذلكَ تجري أحيانًا عَمليّاتُ الحطِّ في خطٍّ مُتعامِدٍ مع اتجاه الرِّيحِ .

في نقطةٍ قَريبةٍ من الأرضِ تَنقصُ السُّرعةُ الأماميَّةُ بالنِّسبةِ إلى الهواءِ باغلاقِ صِمامِ الخنقِ تَمامًا . وبينما تهبطُ السُّرعةُ فجأةً (لأنَّ الطيّارَ قد أوقَفَ كُلَّ الدفعِ ولكنهُ لا يستطيعُ أنْ يُنقِصَ المُقاوَمَةَ) تُداوَمُ قُوّةُ الرَّفعِ برَفعِ مُقدَّمةِ الطائرةِ قليلًا قليلًا وتدريجيًا لزيادة زاويةِ الهُبوطِ . فيبقى الرفعُ مُساويًا للثِّقلِ على الرغمِ من أنَّ السُّرعةَ تهبطُ إلى مُستَواها الأدنى الذي يَسمَحُ بالطَّيرانِ . وأخيرًا مع تناقُصِ سُرعةِ التقدُّمِ تبلغُ السُّرعَةُ حدًّا يَقِلُّ عَنِ السُّرعةِ الدُّنيا للطَّيرانِ ويقِلُّ بالتّالي الرَّفعُ عن الثِّقلِ . وفي الحالةِ المُثلى يَحدُثُ ذلك في اللحظةِ التي تَلمَسُ فيها عَجلاتُ الطائرةِ أرضَ المَدرَجِ ، فينتقلُ ثِقلُ الطيارةِ انتِقالًا لَطيفًا من الهواءِ إلى الأرضِ .



قَلّابَة بَسيطة (قَلّابة احديداب)

قَلّابة شِقّيَّة

قَلّابةٌ امتِداديّة (قَلّابةُ فاوْلَر)

تخفيضُ سُرْعاتِ ٱلهُبوطِ

ينبغي جَعْلُ سُرعاتِ ٱلهبوطِ أَخْفضَ ما يمكِنُ ، ومعَ بَقاءِ ٱلطائرةِ قادِرةً على تحقيقِ سُرعةٍ جيّدةٍ في حالةِ ٱلطيرانِ العاديِّ . وقد تَحَدَّثْنا سابِقًا عن ضَرورةِ كَوْنِ ٱلرَّفعِ ٱلذي تولّده ٱلأَجنحةُ مُساوِيًا لثِّقلِ حتّى لحظةِ الهبوطِ . ولمَّا كانتِ الحاجةُ تَقتضي أنْ تظلَّ سُرعة الهبوطِ منخفضةً إلى حَدٍّ أدنى ، فإنه يُطلَبُ من ٱلأَجنحةِ رَفْعٌ إضافيٌّ ، فكَيْفَ يُمكِنُ ٱلحصولُ عليه ؟ أَبِزيادةِ زاويةِ ٱلهبوطِ ؟ يستطيعُ الطيارُ توفيرَ رفعٍ اضافيٍّ برفعِ مُقَدَّمةِ ٱلطائرةِ ، ولكنْ ضِمْنَ زاويةٍ صغيرةٍ نسبيًا وإلّا فإنه يُخشى أنْ تنهارَ ٱلطائرةُ . أَبِزيادةِ ٱلاحْديدابِ في ٱلجناحيْنِ ، أَمْ بزيادةِ سَطْحِ الجناحيْنِ ؟ إنَّ كُلًّا من هذينِ الأمرينِ يمكِنُ أنْ يكونَ عظيمَ الفائدة ، ولكنَّ تكبيرَ ٱلأَجنحةِ أو زِيادةَ تَحدُّبِها يزيدُ من مُقاوَمةِ الهواءِ ويُبَطِّئُ ٱلطائرةَ في اثناء طيرانِها العاديِّ .

وقَدْ وَجَدَ مُصمِّمو ٱلطائراتِ وَسيلةً لحلِّ هذه ٱلمشكلةِ بِٱستِعمالِ ٱلقَلّابات . وهي تَتَمَفْصَلُ عادةً على ٱلحافةِ ٱلخلفيَّةِ لِلأَجنحةِ . فأَثناءَ عمليةِ ٱلهبوطِ يُحرِّكُ ٱلطيارُ جهازًا يجعَلُ ٱلقلّابات تنفرِجُ عن ٱلجناحِ مُتَّجِهةً نحو ٱلأَسفلِ . ويؤلف هذا في ٱلواقعِ ، وخاصَّةً في حالةِ القلّاباتِ المَدّادة ، امتِدادًا مُنحنيًا للأَجنحةِ يَزيدُ في احْديدابِها وفي مساحة سطحِها ويُوَفِّرُ رَفعًا إضافيًّا يُخفِّضُ سُرعةَ الانهيار تخفيضًا محسوسًا .

وخلالَ ٱلطَّيرانِ ٱلعاديِّ تكونُ ٱلقَلّاباتُ مُنْدسَّةً داخلَ ٱلأَجنحةِ بحيثُ لا تتأثَّرُ منها سُرْعاتُ ٱلطيرانِ .



خطوة كبيرة
من أجل الدفع في سُرعات أماميّة كبيرة ومُعدّل دوران منخفض

خطوة دقيقة
من أجل دفع أعظم بسرعات أماميّة بطيئة ومُعدّل دوران عالٍ



خطوة مَعكوسة

الدفع

خطوة عاديّة

في ٱلطائراتِ ذاتِ ٱلمُحرِّكات ٱلمِكْبَسِيَّةِ وٱلطائراتِ ٱلمِروحيَّةِ ٱلتُّربينيَّةِ تُسْتَخْدَمُ ٱلمِرْوحَةُ لتوفيرِ ٱلدَّفعِ الذي يُكسِبُ ٱلطائرةَ سُرعَتَها ٱلأماميَّة. وهذه السُّرعة هي ٱلتي توفر لطائرة ٱلرفعَ ٱلذي يَجعَلُها تطيرُ.

إنَّ أرياشَ ٱلمِروحةِ لَيْسَتْ مُنبسِطةً بَلْ مُقَوَّسَةٌ كسَطحِ ٱنسيابٍ هَوائيٍّ. وهي مثبَّتةٌ بحيثُ تؤلِّفُ زاويةً مع ٱتجاه ٱلدَّورانِ. فعندما تدورُ ٱلمِروحةُ تضربُ الأرياشُ ٱلهواءَ بزاويةِ هبوبٍ وتُوَلِّدُ **دفعًا** (قوّةً دافعةً) بنفسِ ٱلكيفيَّةِ ٱلتي يُولِّد فيها ٱلجناحُ قُوَّةً رافعةً. تصوَّرْ صَمُولةً تدورُ في مِسمارٍ مُلَوْلَبٍ. ففي كُلِّ دَوْرةٍ كامِلةٍ تنتقِلُ ٱلصَّمُولةُ سِنًّا أو لَولبةً إلى الأمامِ على طولِ ٱلمِسمارِ. كذلك فإنَّ خُطوةَ المِروحةِ أي زاويةَ مَيْلِ أرياشِها تحدِّدُ ٱلمسافةَ ٱلتي تتقدَّمُ بها ٱلمِروحةُ في ٱلهواءِ خِلالَ دَوْرةٍ كاملةٍ. ففي ٱلطائرةِ ٱلمُصمَّمةِ لِسُرعاتٍ عالِيةٍ تُجعَلُ خُطوةُ ٱلمِروحة كَبيرةً لكي تتقدَّمَ ٱلمِروحَةُ أقصى مَسافةٍ مُمكِنةٍ في كُلِّ دَورة.

والطائراتُ التجاريَّةُ ٱلحديثةُ مُجهَّزةٌ عادةً بمَراوحَ مُتغيِّرةِ ٱلخُطوة ومُعكِسِها. فبإمكان الطيّار تغييرُ زاوية الخطوةِ لكي توافِقَ ظروفَ الطيرانِ. ويُتطلَّبُ من أجْلِ الإقلاعِ خطوة دَقيقة (صغيرة الزاوية) لكي تعطيَ دفعًا أعظمَ بسُرعاتٍ أماميَّةٍ مُنخفضةٍ ومُعَدَّلِ دَورانٍ مُرتفعٍ، كما يُتطلَّبُ خطوةٌ كبيرةٌ (أي بزاويةِ مَيلٍ أكبر) للحِفاظِ على القوَّةِ ٱلدافعةِ في السُّرعاتِ العاليةِ بمُعدَّلِ دورانٍ مُنْخفضٍ للمُحرِّكِ في أثناءِ ٱلرِّحْلَةِ. وٱلخُطوةُ ٱلمَعْكوسةُ تَقْلِبُ تمامًا فِعلَ ٱلمِروحةِ بحيثُ إنّها بدلًا مِنْ دفعِ ٱلطائرةِ إلى ٱلأمامِ، تدْفَعُها إلى ٱلخلفِ. ويُستفادُ مِن ذلك بَعْدَ ٱلهُبوطِ في إبطاءِ سَيْرِ ٱلطائرةِ بسُرعةٍ.

المحرِّكاتُ (المِكْبسيّةُ) ذاتُ المكابسِ

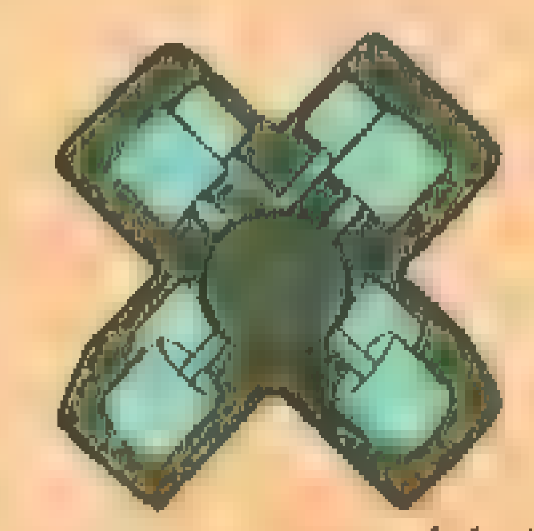
لا يُمكِنُ في كِتابٍ كهذا البحثُ بالتفصيلِ في كيفيَّةِ عَمَلِ مُختلِفِ أنواعِ المُحركاتِ ، وسنكتفي بذكرِ أنواعِ المُحرِّكاتِ المُستعملَةِ واختلافاتها الأساسيّةِ .

تعملُ المُحرِّكاتُ الكباسيَّةُ أو المكبسيّة على المبدأ نفسه الذي تعملُ به المحركاتُ العاديَّةُ للسَّيَّاراتِ . ويعني ذلك أنَّه تعملُ بالغازولين (البنزين) ولها مكابسُ تتحرَّكُ جيئةً وذهاباً في أسْطُواناتِها وهذه المكابسُ تديرُ عَمُوداً مرفقيًّا ينقلُ الدَّفعَ إلى عجلاتِ السيَّارةِ . وفي حالةِ الطائرةِ يكونُ الجزءُ المُدارُ هو المِروحةَ .

هنالكَ نوعانِ من المحركاتِ المكبسيَّةِ : في النوعِ الأوَّلِ تكونُ المكابسُ والأسْطُواناتُ على خطٍّ مُستقيمٍ مِثْلما هي الحالُ في محركاتِ السيَّاراتِ . ويتغير هذا النسق عند زيادةِ القُدرة واستخدامِ مَزيدٍ من الأسطواناتِ ، فتُركَّبُ الأسْطُواناتُ عندئذٍ في أشكالٍ مُختلِفةٍ . مُفرَجَةً V أو مُتقاطِعةً X أو مُتوازيةً H . والنوعُ الثاني هو المحرك النصف قُطري أو الشعاعيُّ وفيه تتوزَّعُ الأسْطُواناتُ من المركَزِ إلى الخارجِ في اتّجاهِ أنصافِ الأقطارِ ويكونُ مَظْهرُها مُستديراً عندما يُنْظرُ إليها مُواجهةً .

وعندما تُستخدَمُ المحرِّكاتُ المِكْبسيَّةُ لدفعِ الطائراتِ فإنَّ النوعَ الشُّعاعي من المحركات هو الذي تُجهَّزُ به مُعظَمُ الطائراتِ التِّجاريَّةِ المُتعدِّدةِ المحرِّكاتِ . أمَّا المحرِّكاتُ المستقيمةُ فإنَّها تُستعملُ عادةً في الطائراتِ الصغيرةِ الأحاديَّةِ المُحرِّكِ .

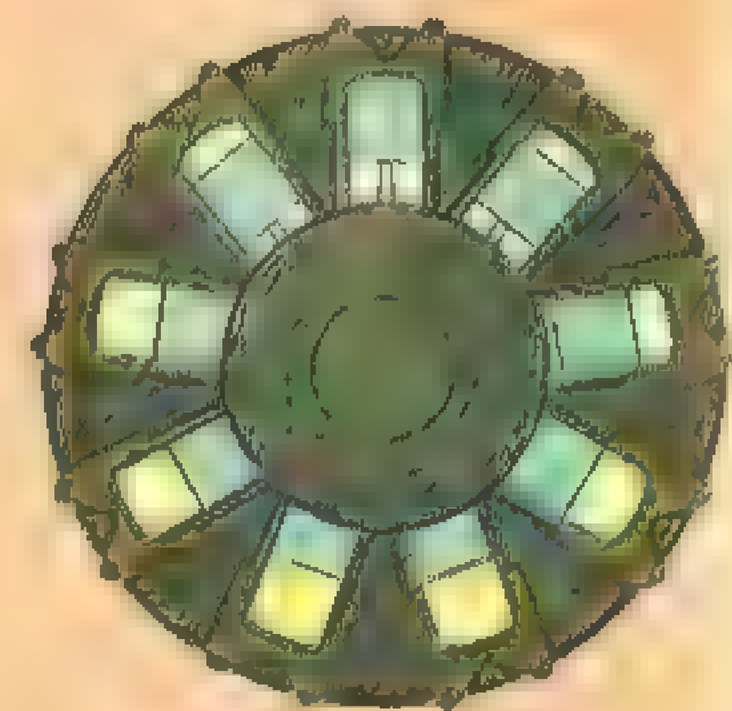
مُحرِّك مُستقيم الاسطوانات



مُحرِّكٌ متقاطع الاسطوانات
أو مُتصالِبُها X



مُحرك مُنفرج الأسطوانات
V



مُحرِّك دائريٌّ الأسطوانات



مُحرِّك متقابل الأسطوانات
ومتوازيها H



محرك مروحيٌّ تُربينيّ (قوّةُ الدفع من المروحة)

محرك تربينيٌّ نفاث (قوّةُ الدفع من النفاثة)

محرك نفاث تضاغطي (قوّة الدفع من النفاثة)

المحرِّكاتُ النَّفَّاثةُ والتُّربيناتُ المِروَحيَّةُ

تُصَمَّمُ الطائراتُ التِّجاريةُ الحديدةُ ، لأسبابٍ اقتصاديَّةٍ وعَمليَّةٍ ، لِتعملَ بالتُّربيناتِ الغازيَّةِ أو بالمحرِّكاتِ النفَّاثةِ فالمحركُ المِكبَسيُّ الذي يعملُ بالغازولين لم يَعُدْ على درجةٍ من الكِفايةِ لِمُجاراةِ التطبيقاتِ الحديثةِ ويجري التحوُّل عنه تدريجيًّا .

تمتازُ الطائرةُ ذاتُ التربينِ الغازيِّ على نظيرتِها ذاتِ المكابِسِ بأنَّها أكثَرُ اعتمادِيَّةً أيْ يمكنُ الركونُ إليها أكثَرَ وأنها تعملُ مدَّةً أطولَ بعد كُلِّ عمليةِ ترميم . وهي تندفعُ بقُدرةِ التُّربينِ المُستمِرةِ خلافًا لِقُدرة المُحرِّك المِكبَسيِّ المُتقطِّعةِ . ثُم إن وَقُودَها وهو الكيروسينَ أرخصُ كُلفةً من البنزين ، كما أنَّها أخَفُّ وأكثرُ انسيابيَّةً مما يُقلِّل مقاومة الهواء ويمنعُ الارتجاج .

باختِصارٍ يمكِن شَرح عمَلِ المُحرِّكِ التربينيِّ بما يلي : يُمتَصُّ الهواءُ من مقدِّمةِ المحرِّكِ بواسطةِ ضاغِطةٍ دَوَرانيَّةٍ ويُدفعُ إلى حُجُرات الاحتراقِ حَيثُ يُذَرُّ الكيروسينُ ويُحرَقُ . والحرارةُ العاليةُ التي تتولَّدُ من هذا الاحتراقِ تُمدِّدُ حجم الهواء فيندفعُ بِسُرعةٍ كبيرةٍ عبْرَ أنابيبِ اللَّهبِ نحو أرياش التربين . فيدور التربين مُولِّدًا القُدرة الميكانيكيَّةَ التي تُديرُ المِروَحةَ بواسطةِ مجموعةٍ من المُسنَّناتِ .

وفي حالةِ المُحرِّكِ التربينيِّ النَّفاثِ ، يندفعُ الهواءُ الحارُّ من العادِمِ (أنبوب الانفِلات) كنافُورةٍ فتَندفِعُ الطائرةُ إلى الأمامِ بِردِّ الفِعلِ النَّاتِجِ .

أمّا في المحرِّكِ النفَّاثِ التَّضاغطيِّ ، فيحصلُ الدفعُ بواسطةِ النَّفْثِ فقَطْ . وهذا النوعُ من المحركاتِ نادِرُ الاستِعمالِ ، فهو لا يستطيع العَملَ بِسُرعات منخفضةٍ لأنَّهُ يعتمدُ على سُرعةِ الانطلاق فقط (لا على الضاغِطةِ) في إدْخالِ الهواءِ إلى حُجرة الاحتِراقِ .



أجهزةُ الطيرانِ والقيادةِ

على الرغم من أنَّ عملَ الطائرةِ يعتمدُ إلى مدًى كبيرٍ على خواصِّ الهواءِ الذي تطيرُ فيه وعلى طريقةِ الطائرةِ لكي تستفيدَ من هذه الخواصِّ ، فإنَّ على قائدِ الطائرةِ مسؤوليةً كبيرةً في تسييرِ الطائرةِ فعلًا . إنَّ منظرَ لوحةِ القيادةِ في طائرةِ ركّابٍ حديثةٍ يثيرُ الرَّوعَ في قلبِ الطيّارِ المبتدئ ، لما فيها من أجهزةٍ ومقاييسَ ومقاودَ ومفاتيحَ وأقراصٍ مدرّجةٍ وأضواءٍ دليليةٍ . تنبئُ الطيّارَ بتفاصيلِ ما يجري في كلِّ جزءٍ من أجزاءِ الطائرةِ . ونظرًا لكثرتِها ، فإنّنا لن نذكرَ منها إلّا القليلَ .

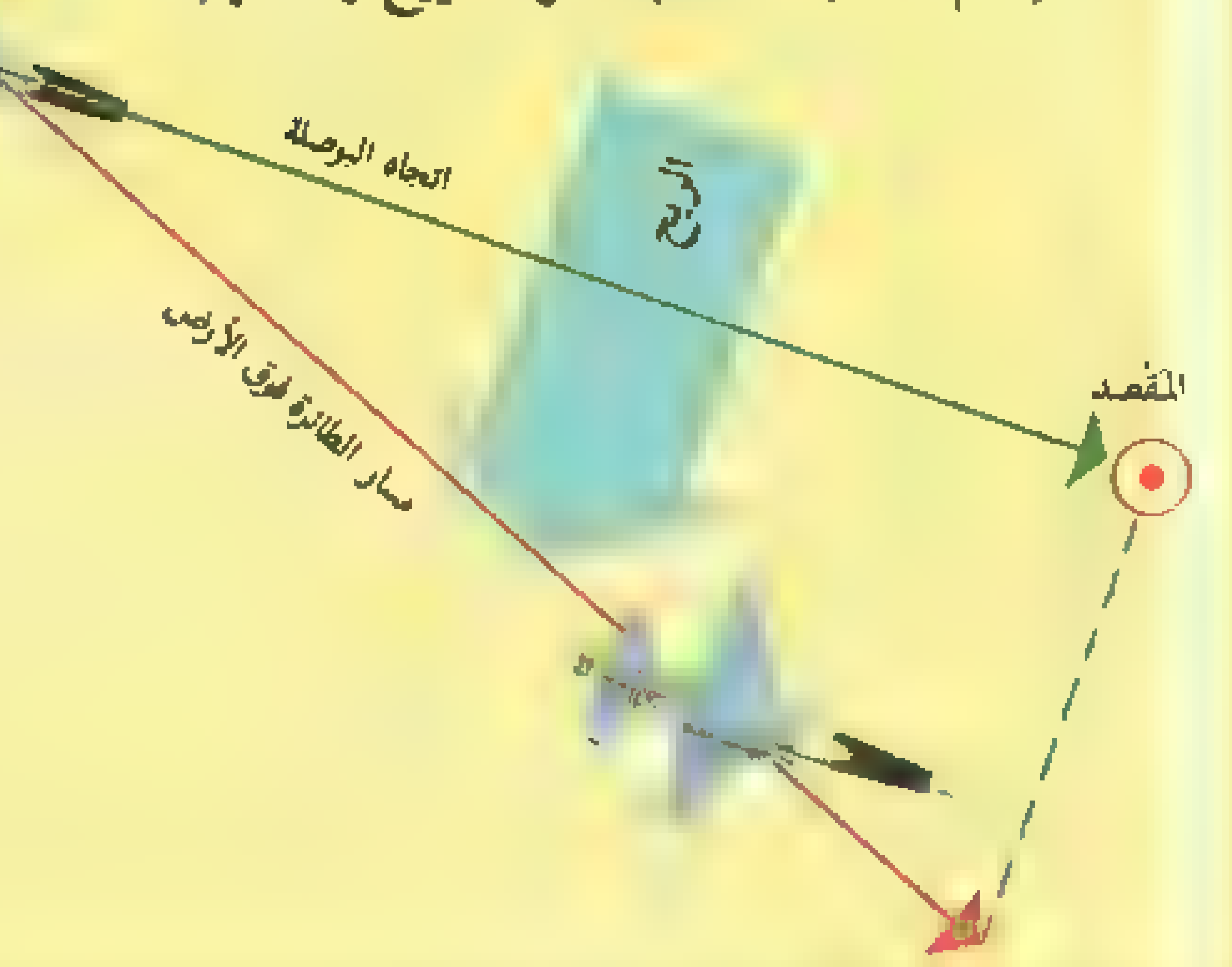
هنالك مثلًا **مبيِّنُ سرعةِ الهواءِ** ، وهو متّصلٌ بالأنبوبِ الذي يمكنُك أن تراه أحيانًا بارزًا إلى الأمامِ من مقدّمةِ الطائرةِ أو من جناحِها . و**مقياسُ الارتفاعِ** يبيّنُ الارتفاعَ فوقَ سطحِ الأرضِ . و**البوصلةُ** تدلُّ على الاتجاهِ وتمكّنُ من ضبطِ خطِّ السيرِ على الخريطةِ . وهنالك **أفقٌ اصطناعيٌّ** يبيّنُ ما إذا كانتِ الطائرةُ تطيرُ أفقيًّا بدونِ خطرانٍ أو ميلانٍ ، وذلك مهمٌّ جدًّا في حالةِ الطيرانِ الأعمى عند تعذّرِ الرؤيةِ في الليلِ أو في الغيمِ الكثيفِ . وهنالك **مبيِّنُ الدورانِ والانزلاقِ** يُري الطيّارَ الوضعَ الصحيحَ للدفّةِ وحركةِ الجنيّحين ومعدّلِ الدورانِ . وهنالك **مبيِّنُ معدّلِ الصعودِ** لتبيُّنِ سرعةِ الصعودِ أو الهبوطِ . وهنالك عددٌ كبيرٌ من الأجهزةِ الأخرى كما يُرى في الصورةِ المقابلةِ .

إنَّ إصْعادَ ٱلطَّائرةِ إلى ٱلجوِّ وٱلطيرانَ بها هو مُشكلةٌ في حَدِّ ذاتِهِ ، أمّا ٱلطَّيرانُ في الاتجاه ٱلمناسِبِ ٱلصَّحيحِ وٱلهُبوطُ في نُقْطَةٍ تَبْعُدُ مِئاتِ أو أُلوفَ ٱلأميالِ فهو مجموعةُ مُشكلاتٍ مُترابِطةٌ . وتعرف عملية تحديد ٱلطريقِ الجوي من مكانٍ إلى مكانٍ آخَرَ باسمِ المِلاحةِ ، وتجري هذه العمليةُ في كثيرٍ من الأحيانِ ليلًا أو في جَوٍّ غائمٍ ، حيثُ لا يُمكنُ رُؤْيةُ الأرضِ .

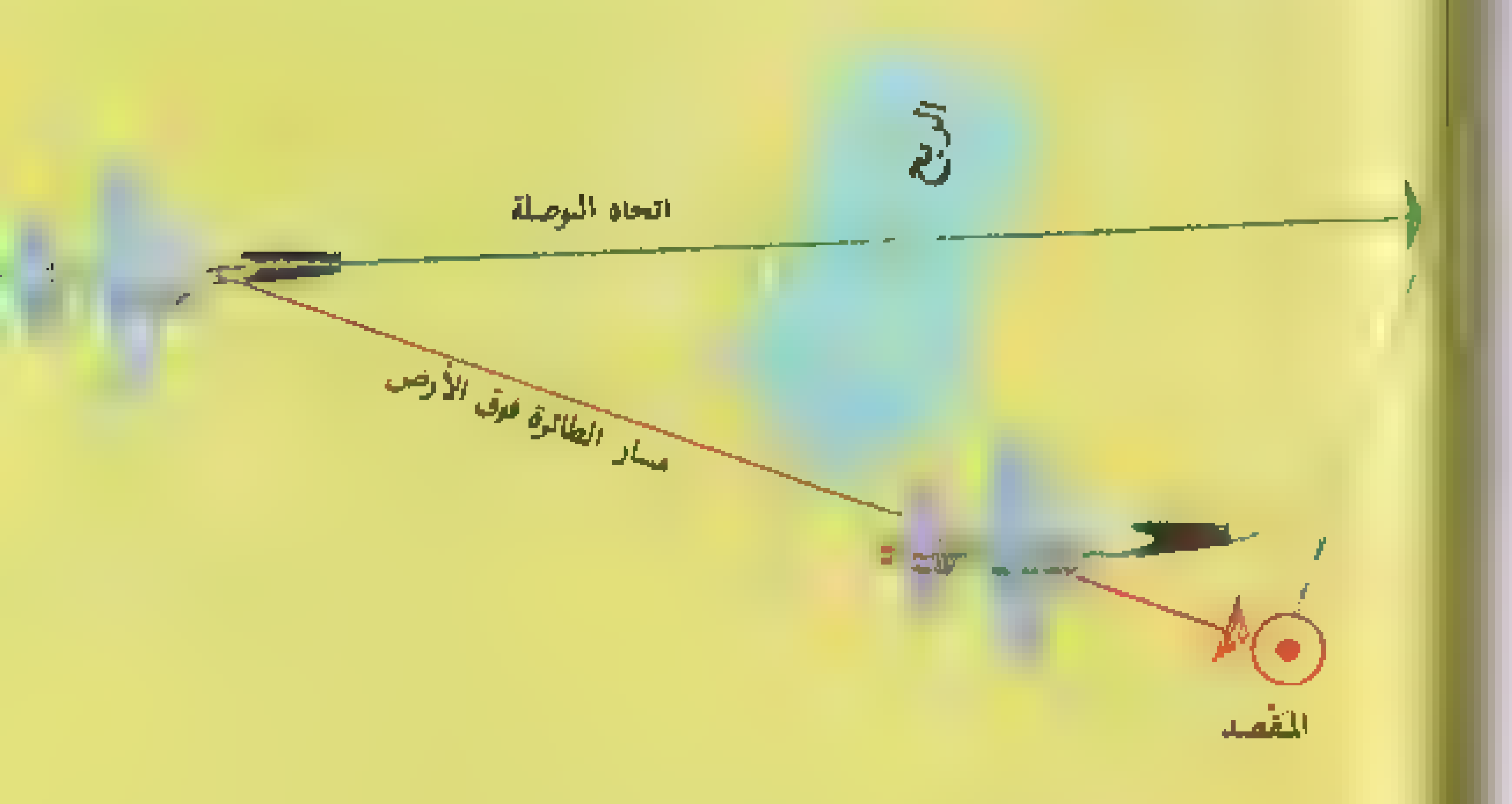
إنَّ أجهزةَ ٱلقِياسِ ٱلرئيسيَّةَ ٱلتي يُستعانُ بها في ٱلمِلاحةِ ، وهي : مُبَيِّنُ السُّرعةِ ٱلهوائيَّةِ ، وٱلبوصلةُ ٱلمغناطيسيةُ ، وساعةٌ مضبوطةٌ ، تُعطي ٱلمعلوماتِ عن أوضاعِ ٱلطائرةِ بٱلنِّسْبةِ إلى ٱلهواءِ ٱلذي تطيرُ فيه . ولكِنْ ما لَمْ يكُنْ ذلك اليومُ ساكِنَ ٱلرِّيحِ ، فإنَّ ٱلهواءَ هُو نَفْسُه يتحرَّك ككُلٍّ بالنسبةِ إلى الأرضِ . لذلك يجبُ على ٱلمَلّاحِ أنْ يَحْسُبَ حسابَ تأثيرِ ٱلرِّيحِ على طائرتِهِ في ٱلارْتفاعِ ٱلذي تطيرُ فيه .

وتَستخدِمُ طائراتُ ٱلرُّكّابِ الحَديثةُ أجْهِزَةً مُساعِدةً أُخرى للمِلاحةِ . فالرّادارُ يمكِّنُ ٱلطيّارَ مِن أنْ «يرَى» في ٱلظلامِ أو مِنْ خلالِ ٱلضبابِ والغيومِ . كما يَعْمَلُ مُعَيِّنُ ٱلاتِّجاهِ اللاسِلْكيّ بٱلمُوافَقَةِ مع ٱلمحطّاتِ ٱلأرضيَّةِ على تحديدِ مَوْقعِ ٱلطائرةِ بدِقَّةٍ بالِغةٍ . ومِنَ ٱلواضحِ أنَّ الملاحة في الأيّامِ ٱلصّاحيةِ ٱلتي تكُونُ فيها مَعالمُ الأرضِ مَرْئيَّةً ، تَجْري بِتحْديدِ بعضِ ٱلمعالمِ الأرضيَّةِ ، كالمدنِ والأنهارِ ، ٱلتي يمكِنُ معرفتُها بِسُهولةٍ .

انحراف الطائرة عن طريق رحلتها بفعل الريح
(إذا لم يحسب الحساب لسرعة الريح واتجاهها)



المَسارُ المضبوط الذي يُحسب فيه الحساب لسرعة الريح واتجاهها

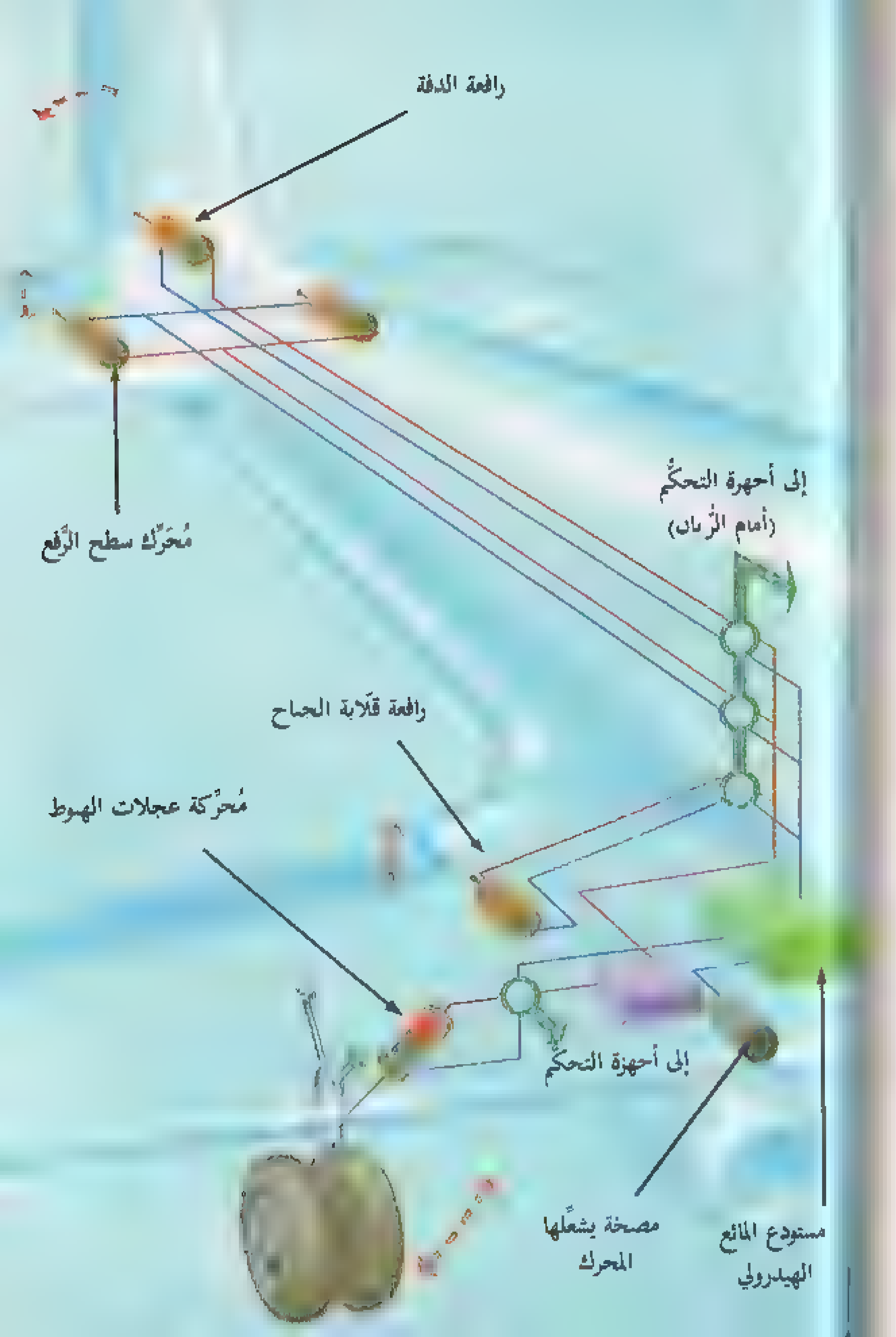


الأَجْهِزَةُ المُساعِدَةُ

الطَّائِرَةُ الحَديثَةُ مَكَنَةٌ مُعَقَّدَةٌ جِدًّا وبِها كَمِّيَّةٌ كَبيرَةٌ من الأَجهِزَةِ والمُعَدَّاتِ تَعمَلُ جَميعُها بِدِقَّةٍ وتَوافُقٍ. ولَرُبَّما كانَ أَبرَزَ هذِهِ الأَجهِزَةِ المُساعِدَةِ جِهازُ الهُبوطِ الَّذي يَحمِلُ العَجَلاتِ. هذا الجِهازُ عَظيمُ الفائِدَةِ على الأَرضِ. ولكِنْ ما أَن تَصعَدَ الطائِرَةُ إلى الجَوِّ حتّى يُصبِحَ عُنصُرَ إِزعاجٍ. فهو بِتَدَلِّيهِ تَحْتَ الطائِرَةِ يَعتَرِضُ انسِيابَ الهَواءِ فيُنقِصُ من السُّرعَةِ ومن قُوَّةِ الرَّفعِ. لهذا السَّبَبِ يُسْحَبُ هذا الجِهازُ دَوْمًا إلى داخِلِ الجَناحَينِ حالَمَا تُفارِقُ العَجَلاتُ الأَرضَ عِندَ صُعودِ الطائِرَةِ. راقِبْ ذلِكَ بِنَفسِكَ في المَرَّةِ القادِمَةِ الَّتي تَرى فيها طائِرَةً عِندَ إِقلاعِها. إنَّ آلِيَّةَ سَحْبِ جِهازِ الهُبوطِ وإِنزالِهِ هي تَحتَ سَيطَرَةِ قائِدِ الطائِرَةِ وتَعمَلُ كَهرَبائِيًّا أَو هيدرولِيًّا.

وفي الطائِراتِ الكَبيرَةِ تُشَغَّلُ أَجهِزَةُ التَّحَكُّمِ في الطَّيَرانِ آلِيًّا أَيضًا فعِندَما يَقومُ الطَّيّارُ بِتَحريكِ ذِراعِ القِيادَةِ أَو عَصا الدَّفَّةِ بِيَدِهِ أَو بِرِجلِهِ تَنتَقِلُ الحَرَكَةُ إلى جِهازٍ هيدرولِيٍّ يَقومُ بِدَورِهِ بِتَحريكِ الجُنَيِّحاتِ أَو سَطحَيِ الرَّفعِ أَو الدَّفَّةِ. ولو كانَ عَلَيهِ أَنْ يُحَرِّكَ هذِهِ الأَجزاءَ بِدونِ المُساعَدَةِ الآلِيَّةِ، لَكانَ عَمَلُهُ شاقًّا جِدًّا فَضلًا عن أَنَّهُ قد يَكونُ غَيرَ مُمكِنٍ.

والكَهرَباءُ ضَرورِيَّةٌ في الطائِرَةِ لِتَشغيلِ الأَنوارِ ومُكَيِّفاتِ الهَواءِ وأَجهِزَةِ الرّادارِ والرّاديو. تَقومُ المُحَرِّكاتُ الرَّئيسِيَّةُ أَحيانًا بِتَوليدِ الطّاقَةِ اللّازِمَةِ لِكُلِّ هذِهِ وبِغَيرِها من الأَجهِزَةِ، ولكِنْ يوجَدُ في بَعضِ الطائِراتِ الكَبيرَةِ مُحَرِّكاتٌ صَغيرَةٌ مُساعِدَةٌ لِتَوليدِ مِثلِ هذِهِ الطّاقَةِ الإِضافِيَّةِ.



حاجزُ (أو جِدارُ) ٱلصَّوْتِ

في الواقع لا عَلاقَةَ لهذا الموضوع بكيفيَّةِ عَمَلِ ٱلطائرةِ . فإذا أَنتَ قرأْتَ بعنايةٍ كلَّ ما تَقَدَّمَ ، فقد صِرْتَ تَعْلَمُ عن هذا ٱلموضوعِ أكثرَ مما يعرفُه مُعظمُ ٱلناسِ . هُنالِكَ ٱلآنَ طائراتٌ عديدةٌ ، ولا سيَّما ٱلحربيَّةُ منها ، تَستطيعُ أَنْ تطيرَ بسُرعةِ ٱلصَّوْتِ أو تتجاوزها . وإنَّه لِمنَ ٱلمفيدِ إعطاءُ قليلٍ من ٱلمعلوماتِ حوْلَ ما يَعنيه ذلكَ .

عندما تطيرُ طائرةٌ بسُرعةٍ أدنى من سُرعةِ ٱلصَّوْتِ ، فإنَّ ٱلضُّغوطَ ٱلتي تُسبِّبُها حركتُها عَبْرَ ٱلهواءِ تَنتقِلُ إلى ٱلهواءِ المحيطِ بشكْلِ أمواجٍ . وهذه ٱلأمواجُ ٱلضغطيَّةُ تَنتقِلُ بنفْسِ ٱلسُّرعةِ ٱلتي يَنتشِرُ بها ٱلصَّوْتُ في ٱلهواءِ ، أيْ حوالى ١٢٠٠ كيلومتر (سبعمائة وستين ميلًا) في السَّاعةِ . فإذا طارتِ ٱلطائرةُ بسُرعةٍ أدنى من سُرعةِ ٱلصَّوت ، فإنَّها تَسيرُ خَلْفَ ٱلأمواجِ ٱلضغطيَّةِ وٱلأمواجِ ٱلصوتيَّةِ ويمكنُكَ سَماعُها وهي قادِمةٌ . وإذا طارتِ ٱلطائرةُ بسُرعةِ ٱلصوتِ تمامًا فإنها تَسيرُ مع أمواجِ ٱلصوتِ ولا يُمكِنُكَ أَنْ تَسمعَها حتّى تمرَّ فوقَ رأسِكَ مُباشَرةً . أمَّا إذا طارَتْ مُتقدِّمةً نحوكَ بسُرعةٍ أكبرَ من سُرعةِ ٱلصَّوتِ ، فإنها تمرُّ عَبْرَ ٱلأمواجِ ٱلضغطيَّةِ وتمرُّ بكَ قَبْلَ أَنْ تَصِلَ إليكَ هذه ٱلأمواجُ فتسمعُها قادِمةً بعد أَنْ تكُونَ قدِ ٱبتعدَتْ عنكَ ! ويُسمَّى عبورُ ٱلطائرةِ للأمواجِ ٱلصوتيَّةِ بِعُبورِ ٱلحاجزِ ٱلصَّوتيِّ أو اختراقِ جدارِ الصوتِ .

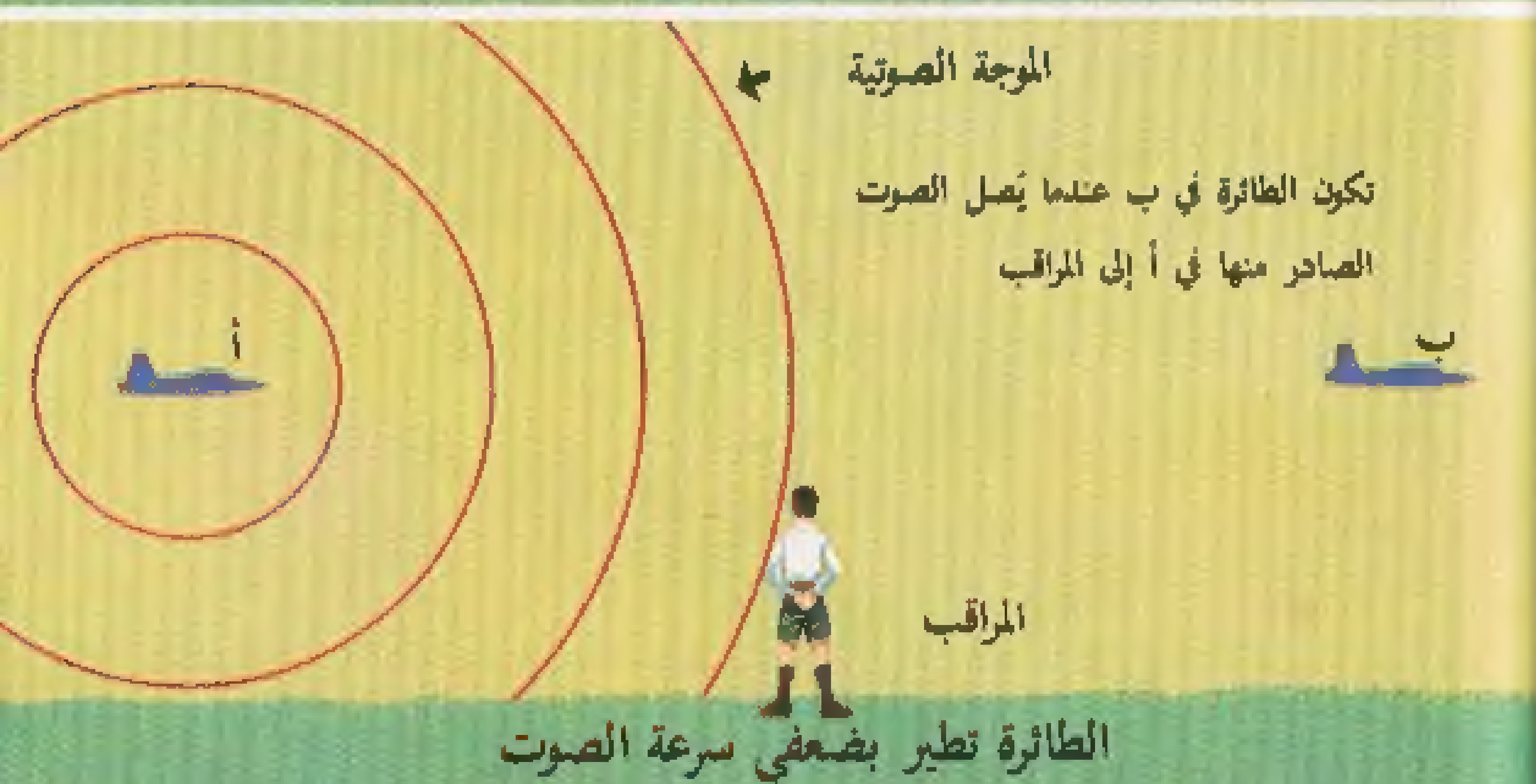
وٱلدَّويُّ ٱلصَّوتيُّ هو نَتيجةٌ للأمواجِ ٱلصَّدْمِيَّةِ ٱلتي تُولِّدُها ٱلطائرةُ متى سارَتْ بأَسرعَ مِنَ ٱلصوتِ ، عندما تصِلُ هذه ٱلأمواجُ إلى أُذُنَي ٱلإنسانِ على ٱلأرضِ .



الطائرة تطير بنصف سرعة الصوت



الطائرة تطير بسرعة الصوت



الطائرة تطير بضعفي سرعة الصوت



الهليكوبترُ أَوِ ٱلطَّائرةُ ٱلعَمُودِيَّةُ

إنَّ كِتابًا من هذا ٱلنوعِ لا يكُونُ كامِلًا إذا هو لَمْ يَذْكُرْ باخْتِصار عَمَلَ طائرةٍ من نَموذَجٍ مُختلِفٍ تمامًا – وهي الهليكوبتر . تُستخدَمُ هذه ٱلطائرةُ في جَميعِ ٱلأَغراضِ حيْثُ لا يوجد مجال يتّسعُ للهُبوطِ . ويَرِدُ ذِكْرُ الهليكوبتر أَو الطوّافة دومًا في نَشَراتِ ٱلأَنباءِ بأَنَّها قامت بأعمالٍ صَعْبةٍ في ٱلانقاذِ أو في نَقْلِ ٱلجنودِ أَو ٱلمُؤَنِ ، وحتّى لِٱنْتِشالِ رُوّاد ٱلفَضاءِ مِن ٱلبحرِ .

يتولّد الرفع العمودي في الهليكوبتر من دَوَرانِ ٱلأَرياشِ المروحيَّةِ الأنسيابيَّةِ السُّطوحِ في أعلى ٱلطَّائرةِ . والأرياش مثبتةٌ بزاويةٍ مُعيَّنةٍ تُولِّدُ دَفْعًا إلى ٱلأَعلى بنفْسِ الكيفيَّةِ ٱلّتي تُوَلِّدُ فيها مِرْوَحةُ ٱلطَّائرةِ ٱلدَّفْعَ إلى ٱلأَمامِ . فبإِرْغامِها ٱلهواءَ على الاندفاعِ إلى ٱلأَسفلِ ، ترتفعُ ٱلطائرة إلى الأَعلى . وكلّما زادَتْ سُرعةُ ٱلدَّورانِ زادَتْ قُوَّةُ ٱلرَّفعِ . وعندما تَصِلُ ٱلطائرةُ إلى ارتفاعٍ كافٍ ، تُميِّل جُملَةَ الأَجزاءِ ٱلدوّارةِ إلى ٱلأَمامِ قليلًا . فبهذِهِ ٱلزَّاويةِ يحصلُ دَفْعٌ مُشْتَرَكٌ إلى ٱلأَعلى وإلى ٱلأَمامِ . وذلكَ يُعطي ٱلهليكوبتر سُرْعَتَها إلى ٱلأَمامِ كما يُعطيها رَفْعًا كافِيًا لِتُحافِظَ على ٱرتفاعِها . أَمَّا ٱلمِرْوحَةُ ٱلصغيرَةُ ٱلّتي تَدُورُ في طَرَفِ ٱلذَّيْلِ فوظيفتُها منع ٱلهليكوبتر من ٱلدَّورانِ في ٱلاتّجاهِ ٱلمعاكِسِ لِدَوَرانِ ٱلمِروحَةِ ٱلكبيرةِ ، وتعملُ كالـدفّةِ .

وتَطُوفُ ٱلهليكوبتر ثابتةً فَوْقَ بُقْعَةٍ مُعيَّنةٍ باختيارِ ٱلسُّرعةِ والوضع المناسب لأرياشِ المِروحةِ ٱلدَّوَّارةِ بحيثُ أَنَّ ٱلرفع العموديَّ يكُونُ مُساوِيًا تمامًا لِثِقَلِ ٱلطَّائرةِ .



الفهرس

سِلْسِلَةُ «كَيْفَ تَعْمَلُ»

١ – الكاميرا
٢ – السّيارة
٣ – التِّلفون
٤ – التِّلفزْيون
٥ – الصّاروخ
٦ – الحاسبة الإلكترونيّة
٧ – الحوّامة
٨ – المِرْقَب (التِّلسْكوب) والمِجْهَر (الميكروسْكوب)
٩ – الطّائرة
١٠ – الآلات الزّراعيّة
١١ – الدّرّاجة النّاريّة
١٢ – القاطِرَة

Series 654 Arabic
